

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ТЕМА. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА УНІФІКАЦІЇ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ.

МЕТА

Отримати практичні навички визначення рівня стандартизації та уніфікації виробу машинобудування за кількістю складових частин, кількістю їх типорозмірів та номенклатурою стандартних елементів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сірий І. С. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2009. [Електронний опис підручника](#).
2. Стрельчук Р. М. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**: навчальний посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2024. [Репозитарій НТУ «ХПІ»](#).
3. Цвіркун Л. О., Омельченко О. В. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**: навчальний посібник. [Електронний посібник](#).
4. ДСТУ 1.1:2015. **Національна стандартизація. Стандартизація та суміжні види діяльності. Словник термінів**. [Інформація про стандарт](#).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Стандартизація — це встановлення правил, вимог і норм для багаторазового використання.

У роботі визначають такі показники:

- коефіцієнт застосовності;
- коефіцієнт повторюваності;
- коефіцієнт уніфікації;
- відсоток стандартних, уніфікованих і оригінальних деталей.

Для цього використовують специфікацію виробу або перелік складових частин.

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ

Поняття	Пояснення
Деталь	Виріб, виготовлений з однорідного матеріалу без складальних операцій
Складальна одиниця	Виріб, складові частини якого з'єднують під час складання
Типорозмір	Деталь одного виду, форми та розмірів
Стандартна деталь	Деталь, виготовлена за державним, міжнародним або галузевим стандартом
Уніфікована деталь	Деталь, що застосовується у кількох виробих або вузлах
Оригінальна деталь	Деталь, створена спеціально для одного конкретного виробу
Номенклатура	Перелік найменувань деталей, вузлів або виробів
Застосовність	Показує, яка частина деталей є стандартною або уніфікованою
Повторюваність	Показує, скільки разів у виробі повторюються однакові деталі

КОЕФІЦІЄНТ ЗАСТОСОВНОСТІ

Коефіцієнт застосовності показує, яку частину від усієї номенклатури деталей становлять стандартні, уніфіковані або запозичені деталі.

де:

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

- K_z — коефіцієнт застосовності, %;
- n_c — кількість типорозмірів стандартних деталей;
- n_y — кількість типорозмірів уніфікованих деталей;
- $n_{зп}$ — кількість типорозмірів запозичених деталей;
- n — загальна кількість типорозмірів деталей у виробі.

Якщо у виробі немає запозичених деталей, формула спрощується:

Чим більше значення K_3 , тим вищий рівень стандартизації та уніфікації виробу.

$$K_3 = \frac{n_c + n_y}{n} \cdot 100\%$$

КОЕФІЦІЄНТ ПОВТОРЮВАНOSTI

Коефіцієнт повторюваності показує, скільки разів у середньому повторюється один типорозмір деталі у виробі.

де: $K_n = \frac{N}{n}$

- K_n — коефіцієнт повторюваності;
- N — загальна кількість деталей у виробі;
- n — кількість типорозмірів деталей.

Чим більший коефіцієнт повторюваності, тим більше однакових деталей використано у виробі. Це зазвичай позитивно впливає на виробництво, закупівлі, складання та ремонт.

КОЕФІЦІЄНТ УНІФІКАЦІЇ

Коефіцієнт уніфікації показує частку уніфікованих і стандартних типорозмірів у загальній номенклатурі.

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

- K_y — коефіцієнт уніфікації, %;
- n_c — кількість стандартних типорозмірів;
- n_y — кількість уніфікованих типорозмірів;
- n — загальна кількість типорозмірів.

У спрощеному навчальному завданні коефіцієнт застосовності та коефіцієнт уніфікації можуть мати однакове числове значення, якщо не враховують запозичені деталі. Це потрібно зазначити у висновку.

ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРАХУНКУ:

1. Вивчення специфікації
2. Визначення загальної кількості деталей
3. Визначення кількості типорозмірів
4. Поділ деталей на стандартні, уніфіковані та оригінальні
5. Розрахунок коефіцієнтів
6. Висновок про рівень стандартизації

ЗАВДАННЯ

За даними специфікації навчального виробу або складальної одиниці необхідно:

1. Визначити загальну кількість деталей у виробі N .
2. Визначити загальну кількість типорозмірів деталей n .
3. Визначити кількість стандартних деталей n_c .
4. Визначити кількість уніфікованих деталей n_y .
5. Визначити кількість оригінальних деталей $n_{ор}$.
6. Розрахувати коефіцієнт застосовності K_3 .
7. Розрахувати коефіцієнт повторюваності K_n .
8. Розрахувати коефіцієнт уніфікації K_y .
9. Побудувати кругову або стовпчикову діаграму складу деталей.
10. Зробити висновок щодо рівня стандартизації виробу.
11. Дати письмові відповіді на контрольні питання.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯРозглянемо умовний виріб — **редуктор**.

Група деталей	Кількість типорозмірів	Загальна кількість деталей
Стандартні деталі: болти, гайки, шайби, шпонки, підшипники	8	32
Уніфіковані деталі: кришки, втулки, кільця	4	10
Оригінальні деталі: корпус, вал, зубчасті колеса	8	8
Разом	20	50

1. ВИЗНАЧАЄМО КОЕФІЦІЄНТ ЗАСТОСОВНОСТІ

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

$$K_n = \frac{8 + 4}{20} \cdot 100\%$$

$$K_n = \frac{12}{20} \cdot 100\% = 60\%$$

Висновок: 60% типорозмірів деталей виробу є стандартними або уніфікованими.**2. ВИЗНАЧАЄМО КОЕФІЦІЄНТ ПОВТОРЮВАНOSTІ**

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

$$K_n = \frac{50}{20} = 2,5$$

Висновок: у середньому кожен типорозмір повторюється у виробі 2,5 рази.**3. ВИЗНАЧАЄМО КОЕФІЦІЄНТ УНІФІКАЦІЇ**

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

$$K_y = \frac{8 + 4}{20} \cdot 100\% = 60\%$$

Висновок: коефіцієнт уніфікації виробу становить 60%.**4. ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК ЗА ПРИКЛАДОМ**

У виробі використано 60% стандартних та уніфікованих типорозмірів. Це означає, що конструкція має достатній рівень уніфікації. Для підвищення рівня стандартизації можна проаналізувати можливість заміни частини оригінальних кріпильних, дистанційних або захисних елементів типовими деталями.

ХІД РОБОТИ

1. Отримати від викладача таблицю з переліком деталей .
2. Переписати дані у таблицю аналізу.
3. Визначити, які деталі є:
 - стандартними;
 - уніфікованими;
 - запозиченими — за наявності;
 - оригінальними.
4. Підрахувати:
 - загальну кількість деталей;
 - кількість типорозмірів;
 - кількість стандартних типорозмірів;
 - кількість уніфікованих типорозмірів;
 - кількість оригінальних типорозмірів.
5. Виконати розрахунок коефіцієнта застосовності.
6. Виконати розрахунок коефіцієнта повторюваності.

7. Виконати розрахунок коефіцієнта уніфікації.
8. Побудувати діаграму у Microsoft Excel, Google Sheets або вручну.
9. Сформулювати висновок.
10. Відповісти на контрольні питання.

ТАБЛИЦЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

№	Найменування деталі	Позначення	Кількість у виробі, шт.	Кількість типорозмірів	Вид деталі: стандартна / уніфікована / оригінальна
1					
2					
3					
4					
5					
Разом			N=	n=	

ТАБЛИЦЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Показник	Формула	Результат
Кількість стандартних типорозмірів	n_c	
Кількість уніфікованих типорозмірів	n_y	
Кількість оригінальних типорозмірів	n_{op}	
Загальна кількість типорозмірів	n	
Загальна кількість деталей	N	
Коефіцієнт застосовності	$K_z = \frac{n_c + n_y + n_{op}}{n} \cdot 100\%$	
Коефіцієнт повторюваності	$K_n = \frac{N}{n}$	
Коефіцієнт уніфікації	$K_y = \frac{n_z + n_y}{n} \cdot 100\%$	

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке стандартизація та яке її значення для машинобудування?
2. Чим стандартна деталь відрізняється від уніфікованої й оригінальної?
3. Що показують коефіцієнти застосовності, повторюваності та уніфікації?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

ТЕМА

Техніко-економічне обґрунтування стандартизації та оцінювання рівня якості продукції.

МЕТА

Отримати практичні навички оцінювання рівня якості виробу, порівняння базового та удосконаленого варіантів конструкції, а також визначення техніко-економічної доцільності стандартизації й уніфікації в машинобудуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сірий І. С. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2009. [Електронний опис підручника](#).
2. Стрельчук Р. М. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**: навчальний посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2024. [Репозитарій НТУ «ХПІ»](#).
3. Цвіркун Л. О., Омельченко О. В. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**: навчальний посібник. [Електронний посібник](#).
4. ДСТУ 1.1:2015. **Національна стандартизація. Стандартизація та суміжні види діяльності. Словник термінів**. [Інформація про стандарт](#).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1. ЩО ТАКЕ ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

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

Для машинобудівного виробу якість може характеризуватися:

- точністю розмірів;
- надійністю;
- довговічністю;
- продуктивністю;
- безпечністю;
- ремонтпридатністю;
- економічністю;
- масою;
- енергоефективністю;
- рівнем стандартизації;
- технологічністю конструкції.

Наприклад, для редуктора важливими показниками можуть бути:

Потужність → передавальне число → ККД → маса → ресурс роботи → рівень шуму → вартість → ремонтпридатність.

2. ОДИНИЧНИЙ ПОКАЗНИК ЯКОСТІ

Одиничний показник якості характеризує одну властивість виробу.

Приклади:

Показник	Позначення	Приклад
Маса	m	12 кг
Потужність	P	2,2 кВт
ККД	η	0,92
Ресурс	L	10 000 год
Собівартість	C	8 500 грн
Кількість деталей	N	48 шт.
Коефіцієнт уніфікації K_u		65%

3. ВІДНОСНИЙ ПОКАЗНИК ЯКОСТІ

Для порівняння нового і базового виробів застосовують **відносний показник якості**.

Якщо більший показник є кращим: $q_i = \frac{P_i}{P_{i6}}$
де:

- q_i — відносний показник якості;
- P_i — показник нового або оцінюваного виробу;
- P_{i6} — показник базового виробу.

ПРИКЛАД

Якщо ресурс базового редуктора становить 8 000 год, а нового — 10 000 год:

$$q_L = \frac{10\,000}{8\,000} = 1,25$$

Отже, ресурс нового редуктора на 25% більший.

4. ПОКАЗНИКИ, ДЛЯ ЯКИХ МЕНШЕ ЗНАЧЕННЯ Є КРАЩИМ

Для маси, собівартості, матеріаломісткості, енергоспоживання та кількості деталей менше значення зазвичай є кращим.

У такому випадку формулу записують навпаки: $q_i = \frac{P_{i6}}{P_i}$

ПРИКЛАД

Маса базового виробу становить 20 кг, а нового — 16 кг.

$$q_m = \frac{20}{16} = 1,25$$

Новий виріб є кращим за показником маси на 25%.

5. КОМПЛЕКСНИЙ ПОКАЗНИК ЯКОСТІ

Комплексний показник якості враховує кілька властивостей виробу одночасно.

$$K = \sum_{i=1}^n a_i \cdot q_i$$

де:

- K — комплексний показник якості;
- a_i — коефіцієнт вагомості показника;
- q_i — відносний показник якості;
- n — кількість оцінюваних показників.

Сума коефіцієнтів вагомості має дорівнювати 1:

$$\sum a_i = 1$$

ПРИКЛАД КОЕФІЦІЄНТІВ ВАГОМОСТІ

Показник	Позначення	Коефіцієнт вагомості
Надійність	a_1	0,30
Маса	a_2	0,20
Собівартість	a_3	0,25
Рівень уніфікації	a_4	0,15
Ремонтопридатність	a_5	0,10
Разом		1,00

Якщо $K > 1$, новий варіант у цілому кращий за базовий.

Якщо $K = 1$, варіанти приблизно рівноцінні.

Якщо $K < 1$, новий варіант поступається базовому.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Стандартизація та уніфікація дають підприємству такі результати:

Напрямок	Результат
Зменшення номенклатури деталей	Менше різних позицій на складі
Застосування стандартних деталей	Простіше закуповувати й ремонтувати
Повторюваність конструктивних елементів	Спрощення виготовлення
Типові технологічні процеси	Скорочення часу технологічної підготовки

Напрямок	Результат
Уніфікований інструмент	Зменшення витрат на інструментальне господарство
Взаємозамінність	Швидше складання та ремонт
Стандартизований контроль	Підвищення якості та зменшення браку

ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

У спрощеному вигляді річну економію визначають:

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N,$$

де:

- E — річна економія, грн;
- C_1 — собівартість базового виробу, грн;
- C_2 — собівартість нового виробу, грн;
- N — річна програма випуску, шт.

Якщо стандартизація зменшила собівартість виробу, то:

$$C_1 > C_2$$

і економія буде додатною.

ЗАВДАННЯ

За наведеними вихідними даними необхідно:

1. Порівняти базовий і новий варіанти виробу.
2. Визначити відносні показники якості.
3. Визначити комплексний показник якості.
4. Визначити економію від упровадження уніфікованого варіанта.
5. Зробити висновок щодо доцільності стандартизації.
6. Дати письмові відповіді на контрольні питання.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ

ВИХІДНІ ДАНІ

Порівнюють базовий і новий варіанти редуктора.

Показник	Базовий варіант	Новий варіант	Характер показника	Вагомість
Ресурс роботи, год	8 000	10 000	Більше — краще	0,30
Маса, кг	20	16	Менше — краще	0,20
Собівартість, грн	8 500	8 000	Менше — краще	0,25
Коефіцієнт уніфікації, %	50	70	Більше — краще	0,15
Ремонтопридатність, балів	7	8	Більше — краще	0,10

1. ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНИХ ПОКАЗНИКІВ

РЕСУРС

$$q_1 = \frac{10\,000}{8\,000} = 1,25$$

МАСА

$$q_2 = \frac{20}{16} = 1,25$$

СОБІВАРТІСТЬ

$$q_3 = \frac{8\,500}{8\,000} = 1,0625$$

КОЕФІЦІЄНТ УНІФІКАЦІЇ

$$q_4 = \frac{70}{50} = 1,40$$

РЕМОНТОПРИДАТНІСТЬ

$$q_5 = \frac{8}{7} = 1,143$$

2. ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА

$$K = 0,30 \cdot 1,25 + 0,20 \cdot 1,25 + 0,25 \cdot 1,0625 + 0,15 \cdot 1,40 + 0,10 \cdot 1,143$$

$$K = 0,375 + 0,25 + 0,266 + 0,21 + 0,114$$

$$K = 1,215$$

Висновок: комплексний показник якості нового редуктора становить 1,215. Новий варіант є кращим за базовий.

3. ВИЗНАЧЕННЯ РІЧНОЇ ЕКОНОМІЇ

Нехай річна програма випуску становить 200 виробів.

$$E = (8\,500 - 8\,000) \cdot 200$$

$$E = 500 \cdot 200 = 100\,000 \text{ грн.}$$

Висновок: упровадження уніфікованого варіанта забезпечує орієнтовну річну економію 100 000 грн.

ХІД РОБОТИ

1. Отримати від викладача вихідні дані або номер варіанта.
2. Переписати показники базового та нового виробів у таблицю.
3. Визначити, для яких показників більше значення є кращим.
4. Визначити, для яких показників менше значення є кращим.
5. Обрати відповідну формулу для кожного відносного показника.
6. Розрахувати всі значення q_i .
7. Перевірити, чи сума коефіцієнтів вагомості дорівнює 1.
8. Розрахувати комплексний показник якості K .
9. Розрахувати річну економію E .
10. Сформулювати висновок щодо доцільності впровадження нового варіанта.
11. Дати відповіді на контрольні питання.

ТАБЛИЦЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

№ Показник Базовий виріб P_{i6} Новий виріб P_i Більше/менше — краще Формула q_i q_i Вагомість a_i $a_i \cdot q_i$

1
2
3
4
5

Разом

1,00

$K=$

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що називають одиничним і комплексним показниками якості продукції?
2. Чому для маси та собівартості застосовують обернену формулу відносного показника якості?
3. Яким чином стандартизація та уніфікація впливають на собівартість і ремонтпридатність виробу?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ТЕМА

Розрахунок параметрів гладких циліндричних з'єднань і визначення характеру посадки.

МЕТА

Отримати практичні навички розрахунку граничних розмірів, допусків отвору і вала, найбільших та найменших зазорів або натягів, а також визначення характеру гладкого циліндричного з'єднання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сірий І. С. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2009. [Електронний опис підручника](#).
2. Савуляк В. В., Семічаснова Н. С. **Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Курсове проектування**. Вінниця: ВНТУ, 2018. [Електронний посібник](#).
3. ISO 286-1. **Geometrical product specifications (GPS) — ISO code system for tolerances on linear sizes**. [Офіційна сторінка ISO](#).
4. Цвіркун Л. О., Омельченко О. В. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**. [Електронний посібник](#).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1. ГЛАДКЕ ЦИЛІНДРИЧНЕ З'ЄДНАННЯ

Гладке циліндричне з'єднання утворюється при складанні вала й отвору.

Отвір + Вал = З'єднання

Приклади:

- вал у втулці;
- вісь у корпусі;
- шків на валу;
- підшипник на валу;
- палець у отворі важеля;
- втулка в корпусі.

ОТВІР		ВАЛ	
ПОЗНАЧЕННЯ ОТВОРУ І ВАЛА			
Елемент	Позначення	Елемент	Позначення
Номінальний розмір отвору	D	Номінальний розмір вала	d
Найбільший розмір отвору	Dmax	Найбільший розмір вала	dmax
Найменший розмір отвору	Dmin	Найменший розмір вала	dmin
Верхнє відхилення отвору	ES	Верхнє відхилення вала	es
Нижнє відхилення отвору	EI	Нижнє відхилення вала	ei

РОЗРАХУНОК ГРАНИЧНИХ РОЗМІРІВ

$$D_{\max} = D + ES$$

$$D_{\min} = D + EI$$

де:

- D — номінальний розмір отвору;
- ES — верхнє відхилення;
- EI — нижнє відхилення.

$$d_{\max} = d + es$$

$$d_{\min} = d + ei$$

де:

- d — номінальний розмір вала;
- es — верхнє відхилення;
- ei — нижнє відхилення.

ПРИКЛАД

Отвір:

Ø40 +0,025 / 0 мм

ПРИКЛАД

Вал:

Ø40 -0,010 / -0,026 мм

$$D_{\max} = 40 + 0,025 = 40,025\text{мм}$$

$$D_{\min} = 40 + 0 = 40,000\text{мм}$$

$$d_{\max} = 40 - 0,010 = 39,990\text{мм}$$

$$d_{\min} = 40 - 0,026 = 39,974\text{мм}$$

ДОПУСК ОТВОРУ І ВАЛА

Допуск отвору:

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

або:

$$TD = ES - EI$$

Допуск вала:

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

або:

$$Td = es - ei$$

ПОСАДКИ

ПОСАДКИ ІЗ ЗАЗОРОМ

Посадка із зазором

утворюється, якщо отвір завжди більший за вал.

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

Найбільший зазор:

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

Найменший зазор:

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

Якщо:

$$S_{\min} > 0$$

то посадка гарантовано із зазором.

ПОСАДКИ З НАТЯГОМ

Посадка з натягом

утворюється, якщо вал завжди більший за отвір.

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

Найбільший натяг:

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

Найменший натяг:

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

Якщо:

$$N_{\min} > 0$$

то посадка гарантовано з натягом.

ПЕРЕХІДНІ ПОСАДКИ

Перехідна посадка може мати як зазор, так і натяг.

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

і водночас:

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

У різних фактичних поєднаннях деталей може утворитися:

- невеликий зазор;
- невеликий натяг.

Такі посадки часто застосовують для шківів, зубчастих коліс, втулок, маточин, муфт та інших деталей, які потрібно точно центрувати на валу.



ЗАВДАННЯ

За вихідними даними свого варіанта необхідно:

1. Визначити найбільший і найменший граничні розміри отвору.
2. Визначити допуск отвору.
3. Визначити найбільший і найменший граничні розміри вала.
4. Визначити допуск вала.
5. Розрахувати максимальний і мінімальний зазор або натяг.
6. Визначити характер посадки:
 - із зазором;
 - перехідна;
 - з натягом.
7. Побудувати схему полів допусків.
8. Сформулювати висновок.
9. Дати письмові відповіді на контрольні питання.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ

ВИХІДНІ ДАНІ

Задан розмір $\varnothing 40 \text{ H7/g6}$

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛІВ ДОПУСКІВ

Отвір:

$\varnothing 40 +0,025 / 0 \text{ мм}$

Вал:

$\varnothing 40 -0,010 / -0,026 \text{ мм}$

РОЗРАХУНОК ГРАНИЧНИХ РОЗМІРІВ ОТВОРУ

$D_{\max} = D + ES$

$D_{\max} = 40 + 0,025 = 40,025 \text{ мм}$

$D_{\min} = D + EI$

$D_{\min} = 40 + 0 = 40,000 \text{ мм}$

Допуск отвору:

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

$TD = 40,025 - 40,000 = 0,025 \text{ мм}$

РОЗРАХУНОК ГРАНИЧНИХ РОЗМІРІВ ВАЛА

$d_{\max} = d + es$

$d_{\max} = 40 - 0,010 = 39,990 \text{ мм}$

$d_{\min} = d + ei$

$d_{\min} = 40 - 0,026 = 39,974 \text{ мм}$

Допуск вала:

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

$Td = 39,990 - 39,974 = 0,016 \text{ мм}$

3. РОЗРАХУНОК ЗАЗОРІВ

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

$S_{\max} = 40,025 - 39,974 = 0,051 \text{ мм}$

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

$S_{\min} = 40,000 - 39,990 = 0,010 \text{ мм}$

4. ВИСНОВОК

Оскільки:

$S_{\min} = 0,010 \text{ мм} > 0$

з'єднання є посадкою із зазором.

Зазор змінюється в межах:

$S = 0,010 * 0,051 \text{ мм}$

ХІД РОБОТИ

1. Отримати індивідуальний варіант.
2. Записати номінальний розмір отвору й вала.
3. Записати верхні та нижні відхилення.
4. Розрахувати $D_{\max}$ і $D_{\min}$.
5. Розрахувати TD .
6. Розрахувати $d_{\max}$ і $d_{\min}$.
7. Розрахувати Td .
8. Перевірити:
 - о якщо $D_{\min} > d_{\max}$, посадка із зазором;
 - о якщо $d_{\min} > D_{\max}$, посадка з натягом;
 - о в інших випадках посадка перехідна.
9. Розрахувати відповідні значення зазору або натягу.
10. Побудувати схему полів допусків.
11. Оформити висновок.
12. Дати відповіді на контрольні питання.

ТАБЛИЦЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Параметр	Позначення	Розрахунок	Результат, мм
Номінальний розмір отвору	D		
Верхнє відхилення отвору	ES		
Нижнє відхилення отвору	EI		

Параметр	Позначення	Розрахунок	Результат, мм
Найбільший розмір отвору	D_{max}	$D + ES$	
Найменший розмір отвору	D_{min}	$D + EI$	
Допуск отвору	TD	$D_{max} - D_{min}$	
Номинальний розмір вала	d		
Верхнє відхилення вала	es		
Нижнє відхилення вала	ei		
Найбільший розмір вала	d_{max}	$d + es$	
Найменший розмір вала	d_{min}	$d + ei$	
Допуск вала	Td	$d_{max} - d_{min}$	
Найбільший зазор / натяг	S_{max} або N_{max}		
Найменший зазор / натяг	S_{min} або N_{min}		
Характер посадки			

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що називають гладким циліндричним з'єднанням?
2. Як визначають найбільший і найменший зазори?
3. За якою умовою визначають, що посадка є посадкою з натягом?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ТЕМА

Вибір і розрахунок посадок гладких циліндричних з'єднань за системою допусків і посадок.

МЕТА

Отримати практичні навички вибору посадки гладкого циліндричного з'єднання за його службовим призначенням, визначення системи посадок, розрахунку граничних розмірів та побудови схеми полів допусків.

ЛІТЕРАТУРА

1. ISO 286-1. **Geometrical product specifications (GPS) — ISO code system for tolerances on linear sizes.** [Офіційна сторінка ISO](#).
2. Савуляк В. В., Семічаснова Н. С. **Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання.** Курсове проектування. [Електронний посібник](#).
3. Стрельчук Р. М. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання.** [Репозитарій НТУ «ХПІ»](#).
4. Цвіркун Л. О., Омельченко О. В. **Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання.** [Електронний посібник](#).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Посадка — характер з'єднання отвору і вала, який визначається різницею між їхніми фактичними розмірами після складання.

Посадка може бути:

- із зазором;
- перехідна;
- з натягом.

Ø40 H7/h6

де:

- Ø40 — номінальний діаметр;
- H7 — поле допуску отвору;
- h6 — поле допуску вала.

Велика літера — отвір.

Мала літера — вал.

Цифра — квалітет точності.

СИСТЕМА ОТВОРУ	СИСТЕМА ВАЛА
Система отвору — система посадок, у якій основним є отвір із полем допуску H. Для отвору H: EI = 0 Це означає, що нижнє відхилення отвору дорівнює нулю. Номинальний розмір Поле допуску H У системі отвору характер посадки змінюють вибором вала.	Система вала — система посадок, у якій основним є вал із полем допуску h. Для вала h: es = 0 Це означає, що верхнє відхилення вала дорівнює нулю. У системі вала характер посадки змінюють вибором отвору. ПРИКЛАД H7/h6 можна розглядати як посадку в системі отвору або в системі вала, тому що одночасно присутні основний отвір H та основний вал h.

ПРИКЛАДИ

Посадка	Характер
H7/h6	Із зазором
H7/g6	Із зазором, точніша
H7/js6	Перехідна
H7/k6	Перехідна
H7/m6	Перехідна або близька до натягу
H7/p6	з натягом
H7/s6	з натягом

ЯК ОБРАТИ СИСТЕМУ ПОСАДОК?

У машинобудуванні частіше застосовують **систему отвору**, тому що:

- отвір складніше обробляти;
- для отвору використовують стандартний інструмент;
- свердла, зенкери, розвертки та протяжки мають фіксований розмір;
- простіше змінювати розмір вала точінням або шліфуванням.

Систему вала застосовують, якщо:

- вал має бути постійного стандартного розміру;
- на одному валу встановлюють кілька деталей із різними посадками;
- економічно доцільніше змінювати отвори, а не вал.

ВИБІР ПОСАДКИ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

Тип з'єднання	Рекомендований характер посадки	Приклад
Рухоме з'єднання	Із зазором	Вал у підшипнику ковзання
Легке ковзне з'єднання	Малий зазор	Напрямні, точні рухомі вузли
Точне centruвання	Перехідна	Шків, муфта, зубчасте колесо
Нерухоме з'єднання	Натяг	Втулка в корпусі
Міцне нерухоме з'єднання	Значний натяг	Зубчасте колесо на валу

ОРІЄНТОВНІ ПРИКЛАДИ ПОСАДОК

Посадка	Орієнтовне застосування
H8/f7	Легкохідні з'єднання
H7/g6	Точні рухомі з'єднання
H7/h6	Точні з'єднання із зазором
H7/js6	Точне центрування, перехідна посадка
H7/k6	Маточини шківів, муфт
H7/m6	Деталі з точним центруванням
H7/p6	Нерухомі з'єднання з натягом
H7/s6	Міцні пресові з'єднання

Остаточний вибір посадки виконують за довідником, стандартом, конструктивними вимогами та умовами роботи з'єднання.

АЛГОРИТМ ВИБОРУ ПОСАДКИ

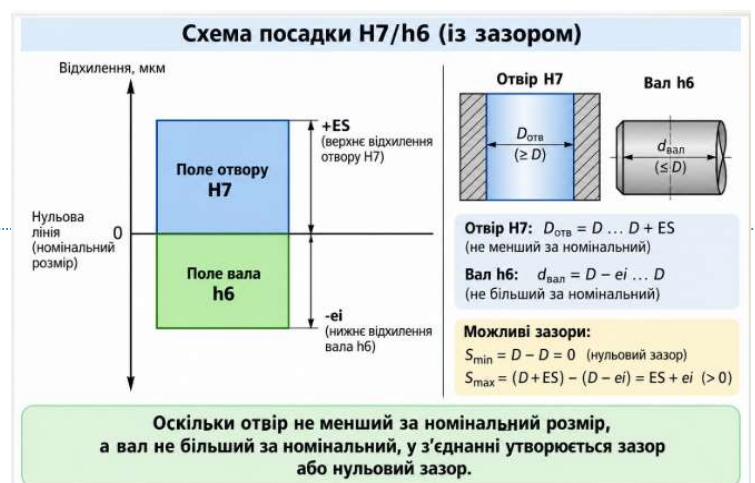
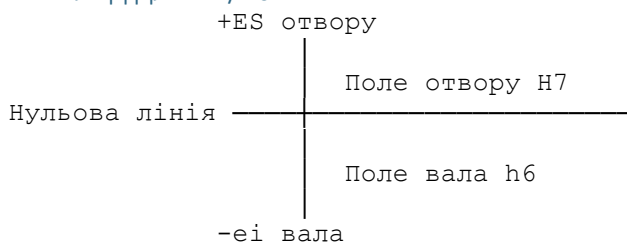


ПОБУДОВА СХЕМИ ПОЛІВ ДОПУСКІВ

Під час побудови схеми потрібно:

1. провести нульову лінію;
2. нанести поле допуску отвору;
3. нанести поле допуску вала;
4. підписати верхні та нижні відхилення;
5. визначити характер посадки.

ПРИКЛАД ДЛЯ H7/h6



У такому з'єднанні отвір не менший за номінальний розмір, а вал не більший за номінальний. Тому утворюється зазор або нульовий зазор.

ЗАВДАННЯ

За заданим варіантом необхідно:

1. Визначити службове призначення з'єднання.
2. Визначити, чи потрібна посадка:
 - із зазором;
 - перехідна;
 - з натягом.
3. Обрати систему посадок:
 - систему отвору;
 - систему вала.
4. Обрати рекомендовану посадку.
5. За таблицями допусків знайти граничні відхилення.
6. Розрахувати граничні розміри отвору й вала.
7. Розрахувати зазори або натяги.
8. Побудувати схему полів допусків.
9. Сформулювати висновок.
10. Дати письмові відповіді на контрольні питання.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ

УМОВА

Потрібно обрати посадку для встановлення шківів на вал номінальним діаметром 40 мм.

Умови:

- шків повинен точно центруватися на валу;
- з'єднання має бути розбірним;
- передавання крутного моменту здійснюється шпонкою;
- потрібна можливість демонтажу шківів під час ремонту.

ВИБІР ХАРАКТЕРУ ПОСАДКИ

Шків не повинен вільно переміщуватися по валу, але його потрібно мати можливість зняти для ремонту.

Отже, доцільна **перехідна посадка**.

ВИБІР СИСТЕМИ

Обираємо систему отвору, тому що отвір маточини шківів зручно обробляти стандартною розверткою або розточуванням.

ВИБІР ПОСАДКИ

Для навчального прикладу обираємо:

Ø40 H7/k6

ПОЯСНЕННЯ

- H7 — отвір із точністю IT7;
- k6 — вал із точністю IT6;
- посадка H7/k6 належить до перехідних;
- у з'єднанні можливий малий зазор або малий натяг;
- посадка забезпечує достатньо точне центрування шківів.

ВИСНОВОК

Для встановлення шківів на вал Ø40 мм доцільно застосувати посадку **H7/k6**, оскільки вона забезпечує точне центрування, допускає складання і розбирання з'єднання та відповідає умовам роботи шківів зі шпонковим з'єднанням.

ХІД РОБОТИ

1. Отримати індивідуальний варіант із призначенням з'єднання.
2. Прочитати умову та визначити, чи має деталь переміщуватися відносно вала.
3. Визначити, чи потрібне точне центрування.
4. Визначити, чи має з'єднання бути розбірним.
5. Обрати характер посадки.
6. Обрати систему отвору або систему вала.
7. Записати позначення посадки.
8. За довідниковими таблицями знайти граничні відхилення.
9. Розрахувати граничні розміри.
10. Розрахувати зазор або натяг.
11. Побудувати схему полів допусків.
12. Сформулювати висновок.
13. Дати відповіді на контрольні питання.

ТАБЛИЦЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Параметр	Дані
Назва з'єднання	
Номінальний діаметр	
Умови роботи з'єднання	
Чи потрібне переміщення?	Так / ні
Чи потрібне точне центрування?	Так / ні
Чи має з'єднання бути розбірним?	Так / ні
Характер посадки	Із зазором / перехідна / з натягом
Система посадок	Отвору / вала
Обрана посадка	
Відхилення отвору	
Відхилення вала	
Граничні розміри отвору	
Граничні розміри вала	
Зазор або натяг	
Висновок	

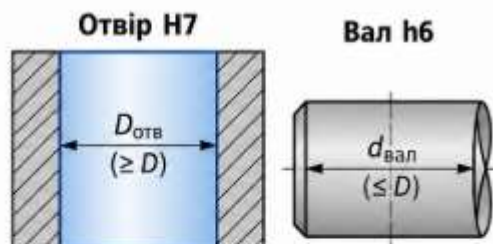
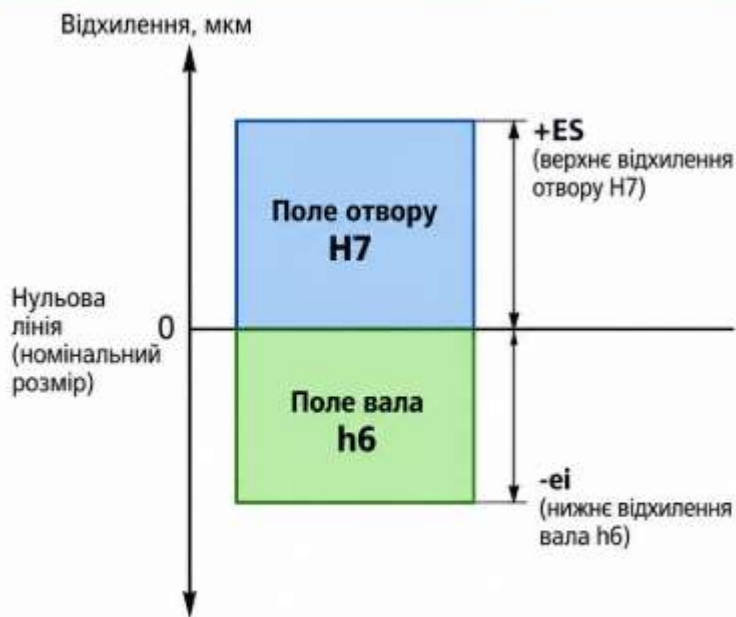
ТАБЛИЦЯ РЕКОМЕНДОВАНИХ НАВЧАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ

Варіант	З'єднання	Номінальний діаметр	Умови роботи	Орієнтовний характер посадки
1	Вал у втулці ковзання	Ø25	Потрібне вільне обертання	Із зазором
2	Шків на валу зі шпонкою	Ø40	Точне центрування, розбирання	Перехідна
3	Підшипник на валу	Ø35	Обертання внутрішнього кільця разом із валом	Натяг або перехідна
4	Втулка в корпусі	Ø50	Втулка має бути нерухомою	Натяг
5	Напрямна втулка в корпусі	Ø30	Потрібне точне встановлення	Перехідна
6	Палець у важелі	Ø20	Палець має обертатися	Із зазором
7	Зубчасте колесо на валу	Ø45	Точне центрування, передавання моменту шпонкою	Перехідна
8	Маточина муфти на валу	Ø60	Нерухоме з'єднання	Натяг

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що називають системою отвору та системою вала?
2. У яких випадках застосовують посадки із зазором, перехідні посадки та посадки з натягом?
3. Чому в машинобудуванні частіше застосовують систему отвору?

Схема посадки H7/h6 (із зазором)



Отвір H7: $D_{\text{отв}} = D \dots D + ES$
(не менший за номінальний)

Вал h6: $d_{\text{вал}} = D - ei \dots D$
(не більший за номінальний)

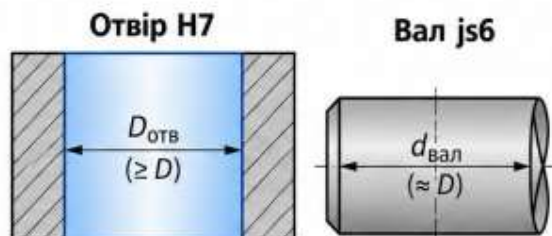
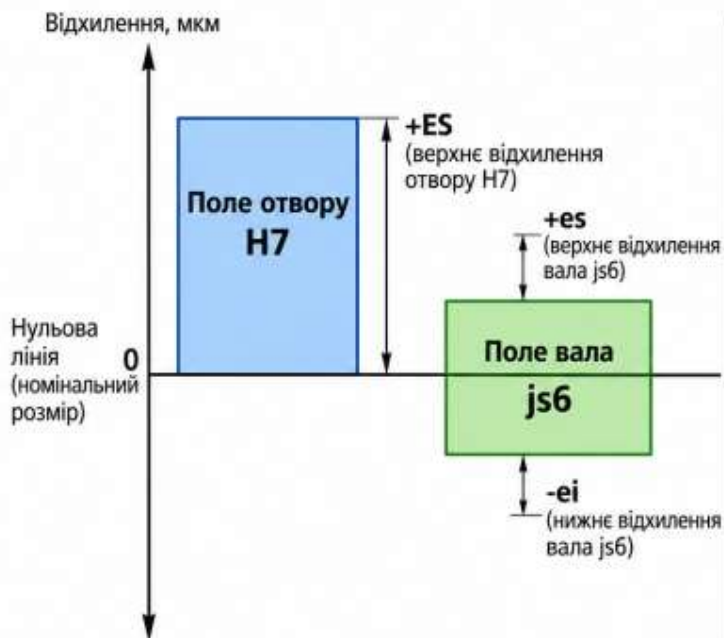
Можливі зазори:

$$S_{\min} = D - D = 0 \quad (\text{нульовий зазор})$$

$$S_{\max} = (D + ES) - (D - ei) = ES + ei (> 0)$$

Оскільки отвір не менший за номінальний розмір, а вал не більший за номінальний, у з'єднанні утворюється зазор або нульовий зазор.

Схема перехідної посадки (приклад H7/js6)



Отвір H7: $D_{\text{отв}} = D \dots D + ES$
(не менший за номінальний)

Вал js6: $d_{\text{вал}} = D - ei \dots D + es$
(поле симетричне відносно нульової лінії)

Можливі результати з'єднання:

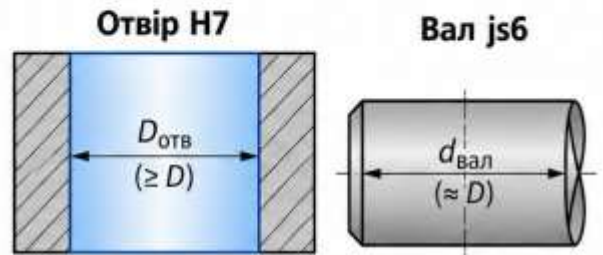
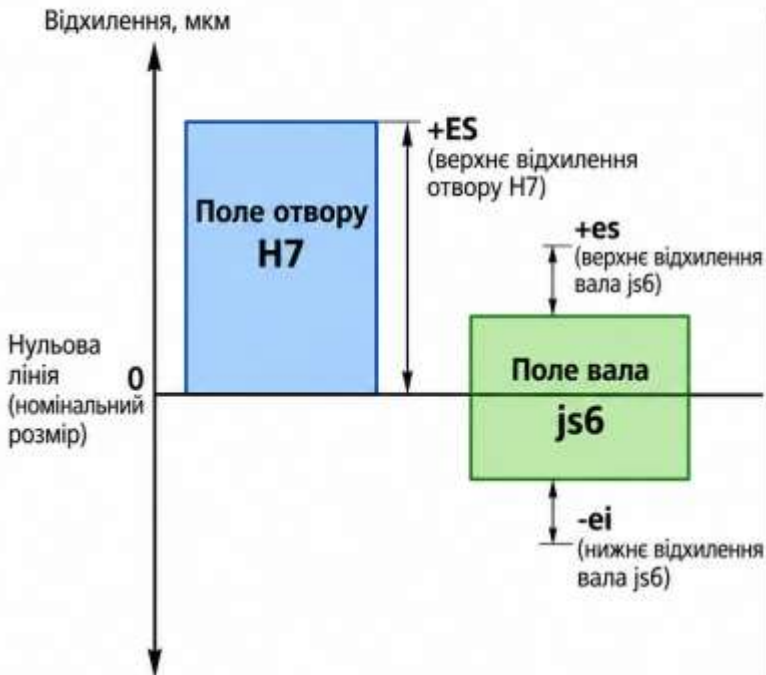
$$S_{\max} = (D + ES) - (D - ei) = ES + ei (> 0) \quad \text{— зазор}$$

$$S_{\min} = (D) - (D) = 0 \quad \text{— нульовий зазор}$$

$$N_{\max} = (D + es) - (D) = es (> 0) \quad \text{— натяг}$$

Оскільки поле вала js6 розташоване симетрично відносно нульової лінії, частина розмірів вала буде меншою за номінальний (утворюється зазор), а частина — більшою (утворюється натяг), тому посадка є перехідною.

Схема перехідної посадки (приклад H7/js6)



Отвір H7: $D_{\text{отв}} = D \dots D + ES$
(не менший за номінальний)

Вал js6: $d_{\text{вал}} = D - ei \dots D + es$
(поле симетричне відносно нульової лінії)

Можливі результати з'єднання:

$$S_{\text{max}} = (D + ES) - (D - ei) = ES + ei (> 0) \text{ — зазор}$$

$$S_{\text{min}} = (D) - (D) = 0 \text{ — нульовий зазор}$$

$$N_{\text{max}} = (D + es) - (D) = es (> 0) \text{ — натяг}$$

Оскільки поле вала js6 розташоване симетрично відносно нульової лінії, частина розмірів вала буде меншою за номінальний (утворюється зазор), а частина — більшою (утворюється натяг), тому посадка є перехідною.