

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХПРОЦЕСІВ

ТЕМА. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

Понятійний апарат: технологія машинобудування, технологічний процес, технологічна операція, технологічний перехід, робоче місце, деталь, заготовка, напівфабрикат, комплектуючий виріб, складальна одиниця, виріб, технологічна документація, маршрутний технологічний процес, операційний технологічний процес, технологічна карта, маршрутний опис, операційний опис, дсту, естд, ескд.ї

Технологія машинобудування — це наука про методи та засоби виготовлення, складання, контролю та ремонту машин і механізмів. Вона вивчає способи перетворення заготовки в готову деталь із заданою якістю, точністю та продуктивністю.

Технологічний процес — це частина виробничого процесу, яка безпосередньо змінює форму, розміри, стан матеріалу або властивості виробу.

Основними одиницями поділу технологічного процесу є:

- **операція** — завершена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці одним або кількома виконавцями над однією або кількома деталями безперервно;
- **перехід** — завершена частина операції, яка характеризується незмінністю оброблюваної поверхні, інструмента та режимів обробки;
- **позиція** — фіксоване положення заготовки або виробу відносно інструмента чи пристрою під час виконання операції.

Заготовка — це виріб, який отримується в результаті попередніх технологічних операцій і призначений для подальшої обробки.

Деталь — це виріб, виготовлений з однорідного матеріалу без складальних операцій.

Складальна одиниця — це виріб, складові частини якого з'єднуються між собою на підприємстві-виробнику складальними операціями.

Виріб — це кінцевий продукт виробництва, який може бути машиною, приладом, апаратом тощо.

Технологічна документація — це сукупність документів, які визначають технологічний процес виготовлення виробу. Основними документами є:

- **маршрутна карта** — документ, який містить опис технологічного процесу за операціями;
- **операційна карта** — документ, який містить детальний опис технологічної операції з ескізами, режимами обробки та нормами часу;
- **карта ескізів** — документ, який містить ескізи заготовок, деталей та складальних одиниць.

Система стандартів у технології машинобудування:

- **ЄСТД** — Єдина система технологічної документації;
- **ЄСКД** — Єдина система конструкторської документації;
- **ДСТУ** — державні стандарти України, які регламентують вимоги до якості, точності, технологічності виробів.

Основні ДСТУ, що застосовуються в технології машинобудування:

- ДСТУ ISO 9000 — системи управління якістю;
- ДСТУ ISO 1302 — позначення шорсткості поверхні;
- ДСТУ 2.3.1 — загальні вимоги до технологічної документації.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що вивчає технологія машинобудування?
2. Чим відрізняється технологічна операція від технологічного переходу?
3. Які види технологічної документації ви знаєте?
4. Що таке заготовка і чим вона відрізняється від деталі?
5. Які основні стандарти застосовуються в технології машинобудування?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Одне правильне питання

Що таке технологічна операція?

- А. Завершена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці
- Б. Частина переходу
- В. Документ, що описує технологічний процес

2. Одне правильне питання

Який документ містить детальний опис технологічної операції з ескізами?

- А. Маршрутна карта
- Б. Операційна карта
- В. Креслення деталі

3. Декілька правильних відповідей

Які одиниці поділу технологічного процесу ви знаєте?

- А. Операція
- Б. Перехід
- В. Позиція

4. Декілька правильних відповідей

Які стандарти застосовуються в технології машинобудування?

- А. ЄСТД
 - Б. ЄСКД
 - В. ДСТУ
-

ТЕМА.. ЯКІСТЬ ВИРОБІВ, РОЗСІЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ТЕОРІЯ ТОЧНОСТІ

Понятійний апарат: *якість виробу, точність обробки, похибка обробки, розсіювання характеристик, систематична похибка, випадкова похибка, груба похибка, поле допуску, квалітет точності, шорсткість поверхні, хвилястість, макрогеометрія, мікрогеометрія, дсту iso, статистичний метод контролю.*

Якість виробу — це сукупність властивостей виробу, які визначають його придатність задовольняти певні потреби відповідно до призначення.

Основними показниками якості виробу є:

- **точність розмірів;**
- **точність форми;**
- **точність взаємного розміщення поверхонь;**
- **шорсткість поверхні;**
- **механічні властивості поверхневого шару.**

Точність обробки — це ступінь наближення фактичних розмірів, форми та взаємного розміщення поверхонь до їхніх номінальних значень.

Похибка обробки — це відхилення фактичних параметрів від номінальних.

Похибки поділяють на:

- **систематичні** — похибки, які повторюються при кожній обробці;
- **випадкові** — похибки, які виникають випадково;
- **грубі** — похибки, які виникають через помилки виконавця або несправність обладнання.

Розсіювання характеристик — це статистичне явище, яке характеризує відхилення фактичних розмірів від номінальних у партії деталей.

Поле допуску — це різниця між верхнім і нижнім граничними розмірами.

Квалітет точності — це ступінь точності, який визначається за стандартом. В Україні застосовуються квалітети від IT01 до IT18.

Шорсткість поверхні — це сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками. Основними параметрами є Ra, Rz.

Хвилястість — це сукупність періодичних нерівностей поверхні з відносно великими кроками.

Макрогеометрія — це відхилення форми поверхні від ідеальної геометричної форми.

Мікрогеометрія — це шорсткість поверхні на мікрорівні.

Основні ДСТУ:

- ДСТУ ISO 286 — система допусків і посадок;
- ДСТУ ISO 1302 — позначення шорсткості поверхні;

- ДСТУ ISO 1101 — позначення допусків форми та розміщення поверхонь.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке якість виробу?
2. Які види похибок обробки ви знаєте?
3. Що таке поле допуску?
4. Які параметри характеризують шорсткість поверхні?
5. Які основні ДСТУ застосовуються для оцінки якості виробів?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Одне правильне питання

Що таке систематична похибка?

- А. Похибка, яка повторюється при кожній обробці
- Б. Похибка, яка виникає випадково
- В. Похибка, яка виникає через помилку виконавця

3. Декілька правильних відповідей

Які показники визначають якість виробу?

- А. Точність розмірів
- Б. Точність форми
- В. Шорсткість поверхні

2. Одне правильне питання

Який параметр характеризує шорсткість поверхні?

- А. Ra
- Б. Квалітет
- В. Поле допуску

4. Декілька правильних відповідей

Які ДСТУ застосовуються для оцінки якості виробів?

- А. ДСТУ ISO 286
- Б. ДСТУ ISO 1302
- В. ДСТУ ISO 1101

ТЕМА. ТЕОРІЯ РОЗМІРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ. РОЗРАХУНОК РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

Понятійний апарат: розмірний ланцюг, замикаюча ланка, збільшувальна ланка, зменшувальна ланка, метод максимум-мінімум, імовірнісний метод, технологічний розмірний ланцюг, конструкторський розмірний ланцюг, допуск ланки, поле розсіювання, номінальний розмір, граничний розмір.

Розмірний ланцюг — це сукупність розмірів, які безпосередньо утворюють замкнений контур і визначають взаємне положення поверхонь однієї або кількох деталей.

Замикаюча ланка — це розмір, який утворюється в результаті обробки або складання і є кінцевим результатом розмірного ланцюга.

Збільшувальна ланка — це розмір, зі збільшенням якого збільшується замикаюча ланка.

Зменшувальна ланка — це розмір, зі збільшенням якого зменшується замикаюча ланка.

Метод максимум-мінімум — це метод розрахунку розмірних ланцюгів, який ґрунтується на припущенні, що всі ланки можуть одночасно мати максимальні або мінімальні розміри.

Формула для замикаючої ланки:

$$AV = \sum A_{зб} - \sum A_{зм}$$

де А∇ — замикаюча ланка, Азб — збільшувальні ланки, Азм — зменшувальні ланки.

Імовірнісний метод — це метод розрахунку, який ґрунтується на теорії ймовірностей і враховує, що одночасне поєднання максимальних або мінімальних розмірів малоімовірне.

Технологічний розмірний ланцюг — це розмірний ланцюг, який утворюється під час виготовлення деталі.

Конструкторський розмірний ланцюг — це розмірний ланцюг, який утворюється під час складання виробу.

Алгоритм розрахунку розмірного ланцюга:

1. Визначити замикаючу ланку.
2. Визначити збільшувальні та зменшувальні ланки.
3. Скласти рівняння розмірного ланцюга.
4. Визначити номінальні розміри ланок.
5. Визначити допуски ланок.
6. Перевірити правильність розрахунку.

Джерела:

- [Розмірні ланцюги. Навчально-методичний посібник.](#)
- [Розрахунок розмірних ланцюгів методами максимум-мінімум та ймовірним.](#)

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке розмірний ланцюг?
2. Яка ланка називається замикаючою?
3. У чому полягає метод максимум-мінімум?
4. Чим відрізняється технологічний розмірний ланцюг від конструкторського?
5. Який алгоритм розрахунку розмірного ланцюга?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Одне правильне питання

Яка ланка називається замикаючою?

- А. Ланка, яка утворюється в результаті обробки або складання
- Б. Ланка, яка обробляється першою
- В. Ланка, яка має найбільший допуск

2. Одне правильне питання

Який метод розрахунку розмірних ланцюгів ґрунтується на теорії ймовірностей?

- А. Імовірнісний метод
- Б. Метод максимум-мінімум
- В. Графічний метод

3. Декілька правильних відповідей

Які види ланок входять до розмірного ланцюга?

- А. Замикаюча ланка
- Б. Збільшувальна ланка
- В. Зменшувальна ланка

4. Декілька правильних відповідей

Які методи розрахунку розмірних ланцюгів ви знаєте?

- А. Метод максимум-мінімум
- Б. Імовірнісний метод
- В. Графічний метод

ТЕМА. ОСНОВИ БАЗУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТА ЗАГОТОВОК (ПРАВИЛО 6 ТОЧОК)

Понятійний апарат: базування, технологічна база, конструкторська база, вимірювальна база, допоміжна база, правило шести точок, ступінь вільності, опорна точка, схема базування, установча база, напрямна база, опорна база, дсту 21495.

Базування — це надання заготовці або виробу певного положення відносно системи координат верстата, пристрою або іншої деталі.

Технологічна база — це поверхня, яка використовується для визначення положення заготовки або виробу під час виготовлення, складання або ремонту.

Конструкторська база — це поверхня, яка використовується для визначення положення деталі у виробі.

Вимірювальна база — це поверхня, яка використовується для визначення положення деталі під час вимірювання.

Допоміжна база — це поверхня, яка використовується для тимчасового базування заготовки.

Правило шести точок — це правило, згідно з яким для повного базування твердого тіла необхідно й достатньо створити шість опорних точок, розташованих певним чином відносно базових поверхонь заготовки.

Кожна опорна точка позбавляє заготовку однієї ступені вільності.

Схема базування — це умовне зображення опорних точок на ескізі заготовки.

Установча база — це база, яка позбавляє заготовку трьох ступенів вільності (три опорні точки).

Напрямна база — це база, яка позбавляє заготовку двох ступенів вільності (дві опорні точки).

Опорна база — це база, яка позбавляє заготовку однієї ступені вільності (одна опорна точка).

Основний стандарт:

- ДСТУ 21495 — базування і бази. Терміни та визначення.

Джерела:

- [Теоретичні основи технології виробництва деталей.](#)
- [Базування: правило 6 точок, види баз і схеми установки.](#)

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке базування?
2. Які види баз ви знаєте?
3. У чому полягає правило шести точок?
4. Що таке схема базування?
5. Який основний стандарт регламентує базування?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Одне правильне питання

Скільки опорних точок необхідно для повного базування заготовки?

- А. Шість
- Б. Три
- В. Дванадцять

3. Декілька правильних відповідей

Які види баз ви знаєте?

- А. Технологічна база
- Б. Конструкторська база
- В. Вимірювальна база

2. Одне правильне питання

Яка база позбавляє заготовку трьох ступенів вільності?

- А. Установча база
- Б. Напрямна база
- В. Опорна база

4. Декілька правильних відповідей

Які типи баз входять до схеми базування?

- А. Установча база
- Б. Напрямна база
- В. Опорна база

ТЕМА. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ТА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ

Понятійний апарат: точність обробки, якість поверхневого шару, шорсткість поверхні, хвилястість, зміцнення поверхневого шару, залишкові напруження, мікротвердість, параметри шорсткості Ra , Rz , $Rmax$, крок нерівностей, напрямок нерівностей, d_{Stu} iso 1302, фактори точності.

Точність обробки — це ступінь наближення фактичних розмірів, форми та взаємного розміщення поверхонь до їхніх номінальних значень.

Якість поверхневого шару — це сукупність властивостей поверхневого шару деталі, які визначають її експлуатаційні властивості.

Основними показниками якості поверхневого шару є:

- шорсткість поверхні;
- хвилястість;
- зміцнення поверхневого шару;
- залишкові напруження;
- мікротвердість.

Шорсткість поверхні — це сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками.

Основні параметри шорсткості:

- **Ra** — середнє арифметичне відхилення профілю;
- **Rz** — висота нерівностей профілю за десятьма точками;
- **$Rmax$** — найбільша висота нерівностей профілю.

Хвилястість — це сукупність періодичних нерівностей поверхні з відносно великими кроками.

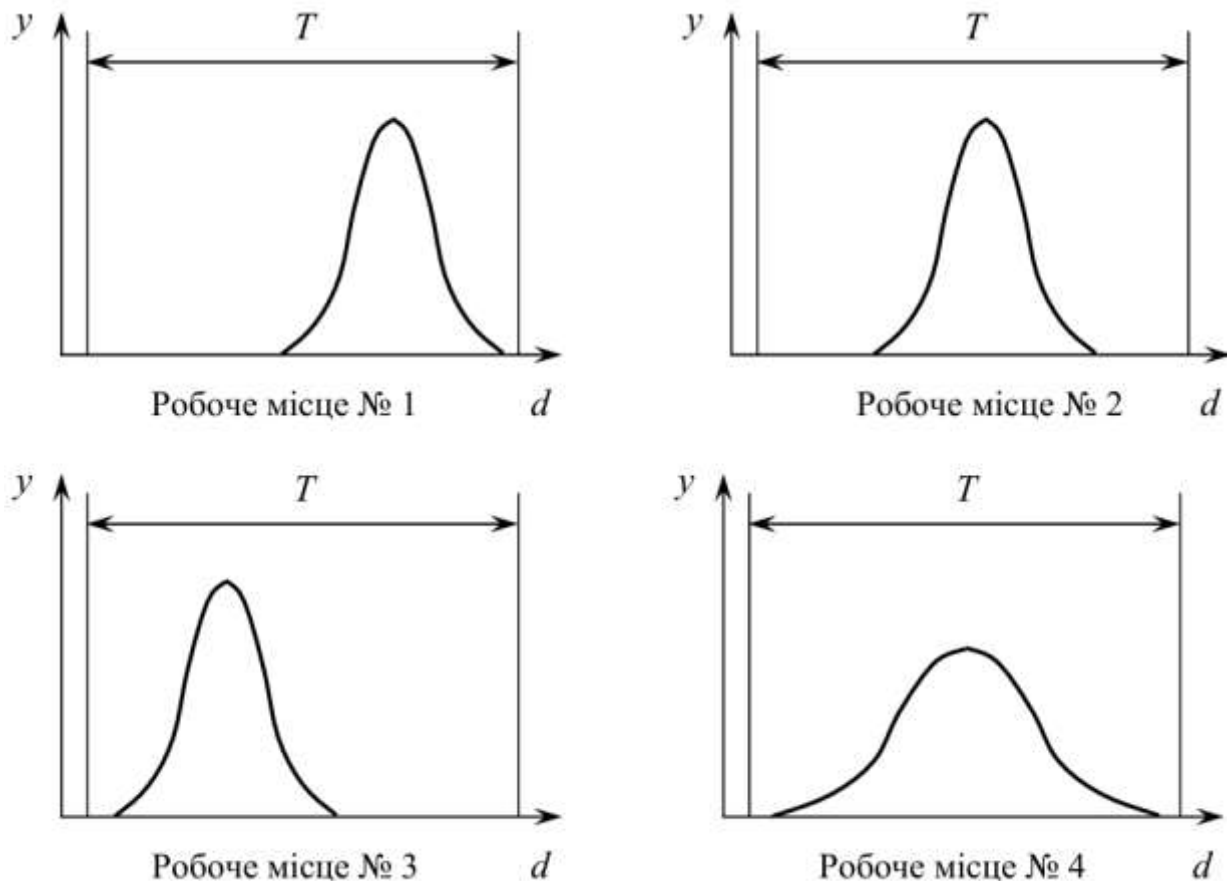
Зміцнення поверхневого шару — це збільшення твердості поверхневого шару внаслідок пластичної деформації.

Залишкові напруження — це напруження, які залишаються в деталі після завершення технологічного процесу.

Фактори, що впливають на точність обробки:

- похибки верстата;
- похибки інструмента;
- похибки закріплення;
- деформації від сили різання;
- температурні деформації;
- зношування інструмента.

Наприклад, на чотирьох робочих місцях на настроєних токарних верстатах обточуються шийки валиків для отримання діаметрального розміру d . За результатами вимірювання і статистичної обробки вибірок проточених валиків отримані криві розподілу, що показані на рисунках. Т - допуск діаметра шийки валика. Вкажіть номер робочого місця, на якому забезпечується найтриваліша робота верстата без браку і підналагодження різця.



Під час точіння на токарних верстатах відбувається природне зношування різального інструменту (різця). Через це радіус різця зменшується, а діаметральний розмір валика (d) з часом **поступово збільшується**.

З урахуванням цього фактора розберемо кожне робоче місце:

- **Робоче місце № 3 (Правильно):** Центр кривої розподілу (пік) навмисно зміщений ближче до **нижньої межі допуску**. Коли різець почне зношуватися, крива буде плавно рухатися вправо (в бік збільшення розміру). Оскільки вона має великий запас відстані до верхньої межі допуску, верстат зможе працювати **найдовше без додаткового підналагодження** різця і без появи браку.

Чому інші варіанти є невірними:

- **Робоче місце № 1:** Крива зміщена до **верхньої межі допуску**. Як тільки різець почне мінімально зношуватися, розміри деталей одразу збільшаться і вийдуть за верхню межу допуску (T). Верстат миттєво почне гнати брак.
- **Робоче місце № 2:** Крива налаштована рівно посередню поля допуску. Це хороша базова наладка, але запас ходу до верхньої межі вдвічі менший, ніж у варіанті №3, тому верстат потребуватиме підналагодження значно раніше.
- **Робоче місце № 4:** Крива розсіяння занадто широка (низька точність верстата). Краї кривої вже майже торкаються меж допуску, тому будь-яке зношування інструменту відразу призведе до появи бракованих деталей.

Основні стандарти:

- ДСТУ ISO 1302 — позначення шорсткості поверхні;
- ДСТУ ISO 1101 — позначення допусків форми та розміщення поверхонь.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке точність обробки?
2. Які показники визначають якість поверхневого шару?

3. Що таке параметр Ra?
4. Які фактори впливають на точність обробки?
5. Який основний стандарт регламентує позначення шорсткості поверхні?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Одне правильне питання

Який параметр характеризує середнє арифметичне відхилення профілю?

- A. Ra
- B. Rz
- B. Rmax

2. Одне правильне питання

Що таке залишкові напруження?

- A. Напруження, які залишаються в деталі після завершення технологічного процесу
- B. Напруження, які виникають під час різання
- B. Напруження, які виникають від сили закріплення

3. Декілька правильних відповідей

Які показники визначають якість поверхневого шару?

- A. Шорсткість поверхні
- B. Хвилястість
- B. Зміцнення поверхневого шару

4. Декілька правильних відповідей

Які фактори впливають на точність обробки?

- A. Похибки верстата
- B. Похибки інструмента
- B. Температурні деформації

ТЕМА. ПРИПУСКИ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ (ТАБЛИЧНИЙ МЕТОД)

Понятійний апарат: *припуск на обробку, загальний припуск, проміжний припуск, мінімальний припуск, номінальний припуск, допуск на заготовку, табличний метод, економічна точність обробки, шорсткість поверхні, дсту, довідник технолога.*

Припуск на обробку — це шар матеріалу, який видаляється з поверхні заготовки для отримання готової деталі.

Загальний припуск — це різниця між розмірами заготовки та готової деталі.

Проміжний припуск — це шар матеріалу, який видаляється на одній операції.

Мінімальний припуск — це найменший шар матеріалу, який необхідно видалити для усунення похибок попередньої обробки.

Номінальний припуск — це розрахункове значення припуску.

Табличний метод — це метод визначення припусків за довідниковими таблицями.

Економічна точність обробки — це точність, яка може бути досягнута при мінімальних витратах.

Алгоритм визначення припусків табличним методом:

1. Визначити тип заготовки (литво, ковка, штамповка тощо).
2. Визначити матеріал деталі.
3. Визначити габаритні розміри заготовки.
4. За довідником визначити загальний припуск.
5. Розподілити загальний припуск між операціями.
6. Визначити проміжні припуски для кожної операції.
7. Перевірити правильність розподілу.

Наприклад, визначити який з ескізів є правильним співвідношенням показників точності циліндричної поверхні?

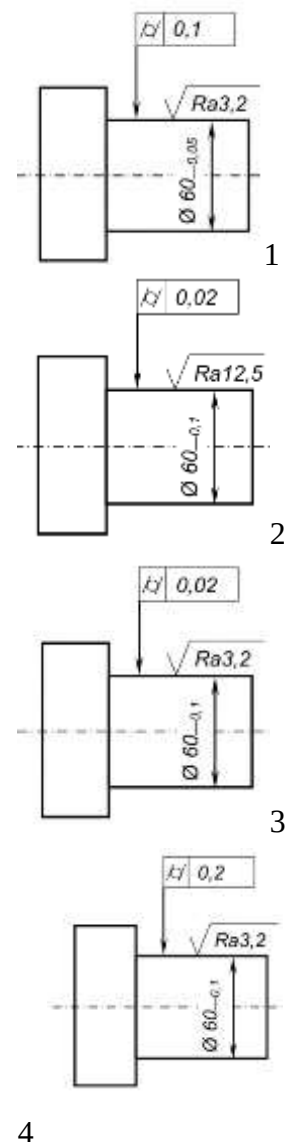
У технології машинобудування існує фундаментальне інженерне правило співвідношення між різними показниками точності поверхні (допуск розміру, допуск форми та шорсткість). Вони не можуть призначатися хаотично, оскільки шорсткість є частиною відхилення форми, а відхилення форми є частиною загального допуску на розмір.

Ось базове метрологічне правило співвідношення:

Допуск розміру (IT) > Допуск форми (циліндричності) > Висота шорсткості (Rz або приблизно $4 \times Ra$)

Давайте проаналізуємо параметри на Ескізі № 3:

1. **Допуск розміру (IT):** Для діаметра $\varnothing 60_{-0,1}$ допуск становить **0,1**.
 2. **Допуск форми (круглості/циліндричності):** Вказано значення **0,02**. Це абсолютно правильно, оскільки допуск форми повинен становити лише частину від допуску розміру (зазвичай 20-50% від IT, тобто менше ніж 0,1). У нашому випадку: $0,02 < 0,1$.
 3. **Шорсткість (Ra):** Вказано $Ra 3,2$ мкм (або $0,0032$ мм). Висота мікронерівностей є значно меншою за допуск форми: $0,0032 \text{ мм} < 0,02 \text{ мм}$.
- **Ескіз № 1 (Невірно):** Допуск форми (циліндричності) вказано **0,1**, що дорівнює всьому допуску розміру (0,05). Допуск форми не може бути більшим або рівним допуску на розмір, інакше деталь вийде за межі розміру при щонайменшому відхиленні геометрії.
 - **Ескіз № 2 (Невірно):** Занадто груба шорсткість $Ra 12,5$ мкм (висота нерівностей Rz сягає близько 50 мкм або 0,05 мм). Вона просто «поглине» та знищить дуже точний заданий допуск форми у **0,02** мм. Неможливо виміряти точність форми до 20 мікрон, якщо самі подряпини на металі мають глибину 50 мікрон.
 - **Ескіз № 4 (Невірно):** Допуск форми вказано **0,2**, що вдвічі більше за допуск розміру (0,1). Це груба інженерна помилка — форма не може бути кривішою, ніж дозволені межі самого розміру.



Основні довідники:

- Довідник технолога-машинобудівника;
- ДСТУ з допусків і посадок;
- ДСТУ з шорсткості поверхні.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке припуск на обробку?
2. Чим відрізняється загальний припуск від проміжного?
3. У чому полягає табличний метод визначення припусків?
4. Що таке економічна точність обробки?
5. Які основні довідники застосовуються для визначення припусків?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Одне правильне питання

Що таке загальний припуск?

- А. Різниця між розмірами заготовки та готової деталі
- Б. Шар матеріалу, який видаляється на одній операції
- В. Найменший шар матеріалу, який необхідно видалити

2. Одне правильне питання

Який метод визначення припусків ґрунтується на довідникових таблицях?

- А. Табличний метод
- Б. Розрахунковий метод
- В. Експериментальний метод

3. Декілька правильних відповідей

Які види припусків ви знаєте?

- А. Загальний припуск
- Б. Проміжний припуск
- В. Мінімальний припуск

4. Декілька правильних відповідей

Які фактори враховуються при визначенні припусків?

- А. Тип заготовки
- Б. Матеріал деталі
- В. Габаритні розміри заготовки