

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Гуманітарно-педагогічний факультет  
Кафедра технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
здобувача другого (магістерського) рівня вищої освіти  
Дидактичне проектування навчального посібника  
«Допуски і технічні вимірювання» для уроків технологій профільного рівня  
за спеціалізацією «Металообробка»

Галузь знань – 01 Освіта / Педагогіка

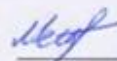
Спеціальність – 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)

Предметна спеціальність – 014.10 Середня освіта (Трудове навчання та технології)

Освітньо-професійна програма – Середня освіта. Трудове навчання та технології,  
інформатика

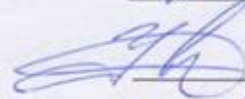
КРТН.023168.23.13.ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. ТНм-23-1



Назарій МЕЛЬНИЧУК

Керівник: канд. пед. наук, доцент.



Іван ГЕРНІЧЕНКО

Нормоконтролер



Оксана ПЯСТУК

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технологічної та  
професійної освіти і декоративного  
мистецтва



Ірина АНДРОЩУК

« 18 » чэрпня 2024 р.

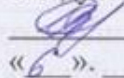
Хмельницький 2024

## ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гуманітарно-педагогічний  
Кафедра технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва  
Освітній рівень другий (магістерський)  
Галузь знань 01 Освіта/Педагогіка  
Спеціальність 014 Середня освіта (за предметними спеціалізаціями)  
Предметна спеціальність 014.10 Середня освіта. (Трудове навчання та технології)  
Освітня програма Середня освіта. Трудове навчання та технології, інформатика

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



Ірина АНДРОЩУК

«6» . 12

2024 р.

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУНазарій МЕЛЬНИЧУК

(ім'я, прізвище)

1. Тема кваліфікаційної роботи Дидактичне проєктування навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання» для уроків технологій профільного рівня за спеціалізацією «Металообробка»  
керівник кваліфікаційної роботи канд. пед. наук, доц. Іван ГЕРНІЧЕНКО  
Затверджено наказом ректора університету від 26.08.2024 р. №60, додаток 1

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи на кафедру 20.12.2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи Технології. Профільний рівень. 10–11 класи. Спеціалізація: металообробка: навчальна програма для закладів загальної середньої освіти

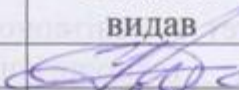
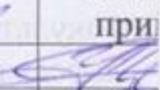


4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Проектування змісту основного тексту навчального посібника (проектування результатів навчання, компонування інформаційного поля з теми та формування дидактичних одиниць навчального матеріалу, побудова структурно-сміслової моделі основного тексту посібника), Розробка елементів методичного апарату навчального посібника (укладання змісту посібника, обґрунтування додаткового і пояснювального тексту посібника, система навчальних завдань посібника).

5. Перелік графічного матеріалу

Макет навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання»

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завд при
<i>Антиплагіат</i>	<i>Іван ГЕРНІЧЕНКО</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Оксана ПЯСТУК</i>		

7. Дата видачі завдання 4.09.2024

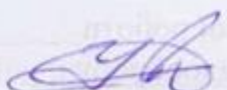
## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прі
1	<i>Вступ</i>	<i>18.11.2024</i>	<i>при</i>
2	<i>1 розділ</i>	<i>20.11.2024</i>	<i>при</i>
3	<i>2 розділ</i>	<i>30.11.2024</i>	<i>при</i>
4	<i>Висновки, перелік посилань</i>	<i>01.12.2024</i>	<i>при</i>
5	<i>Попередній захист</i>	<i>02.12 - 04.12.2024</i>	<i>при</i>
6	<i>Перевірка на плагіат</i>	<i>05.12 - 10.12.2024</i>	<i>при</i>
7	<i>Нормоконтроль</i>	<i>11.12 - 15.12.2024</i>	<i>при</i>
8	<i>Рецензування</i>	<i>17.12-21.12.2024</i>	<i>при</i>
9	<i>Захист</i>	<i>26-27.12.2024</i>	<i>при</i>

Студент

  
(підпис)Назарій МЕЛЬНИЧУК

Керівник роботи

  
(підпис)Іван ГЕРНІЧЕНКО

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Дидактичне проєктування навчального посібника “Допуски і технічні вимірювання” для профільного рівня за спеціалізацією “Металообробка” у закладах загальної середньої освіти» присвячена розробці навчального посібника для учнів 10–11 класів, які навчаються за профільною програмою «Металообробка».

У першому розділі роботи виконано дидактичне проєктування теми «Допуски і технічні вимірювання», визначено результати навчання, сформовано інформаційне поле, визначено освні навчальні елементи теми, побудовано їх структурно-сміслову модель та визначено логічну послідовність викладу. У другому розділі здійснено обґрунтування елементів методичного апарату та розроблено макет навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання».

Кваліфікаційна робота виконана здобувачем другого (магістерського) рівня освіти спеціальності 014.10 Середня освіта. Трудове навчання та технології, інформатика кафедри технологічної та професійної освіти і декоративного мистецтва Хмельницького національного університету під керівництвом к. пед. н., доц. Івана ГЕРНІЧЕНКА.

Кваліфікаційна робота складає 60 сторінок основного тексту, 3 таблиці, 12 рисунків, 3 додатки та літературні джерела в кількості 35 одиниць.

Ключові слова: навчальний посібник, дидактичне проєктування, допуски, технічні вимірювання, профільне навчання, металообробка, дидактичні одиниці, структурно-сміслова модель.

17 грудня 2024 р.

  
\_\_\_\_\_



## ЗМІСТ

С.

## ВСТУП

---

6

## 1 ПРОЕКТУВАННЯ ЗМІСТУ ОСНОВНОГО ТЕКСТУ НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА

---

10

## 1.1 Проектування результатів навчання

---

10

## 1.2 Компонування інформаційного поля з теми та формування дидактичних одиниць навчального матеріалу

---

20

## 1.3 Побудова структурно-сислової моделі основного тексту посібника

---

27

## 2 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА

---

35

2.1 Укладання змісту посібника

---

35

2.2 Обґрунтування додаткового і пояснювального тексту посібника

---

45

2.3 Система навчальних завдань посібника

---

54

2.4 Оцінювання якості спроектованого посібника

---

59

ВИСНОВКИ

---

63

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

---

65

ДОДАТОК А – Інформаційне поле навчального посібника

---

69

ДОДАТОК Б – Фрагмент навчального посібника

---

106

ДОДАТОК В – Анкета для оцінювання навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання»



## ВСТУП

Профільне навчання є різновидом диференційованого підходу до організації освітнього процесу, що враховує інтереси, здібності й освітні потреби учнів. Воно створює умови для навчання старшокласників у відповідності до їхнього професійного самовизначення шляхом коригування цілей, змісту, структури та організації навчання. Особливо актуальним є профіль «Металообробка», що спрямований на формування в учнів базових знань, умінь і навичок, необхідних для роботи в галузі металообробки, а також розвитку їхнього інтелектуального, творчого та професійного потенціалу.

Основна мета профілю – формування в учнів загальнотрудових, загальновиробничих і спеціальних знань, умінь і навичок діяльності у галузях металообробки та набуття старшокласниками навичок самостійної проектно-технологічної і практичної діяльності, розвиток їхніх інтелектуальних, психічних, творчих, моральних, фізичних, соціальних якостей, прагнення до саморозвитку та самоосвіти і підведення випускників до свідомого особистісно-зорієнтованого вибору однієї або кількох професій металообробного виробництва.

Досягнення цієї мети забезпечується змістом профілю «Металообробка».

Основні завдання навчання за профілем «Металообробка» спрямовані на формування в учнів не лише професійних знань і вмінь, а й ключових особистісних, культурних та соціальних компетентностей [30]. Зокрема, навчання покликане:

– сформувати потребу в праці та працелюбність – особлива увага приділяється розвитку прагнення до самовдосконалення й творчого

ставлення до роботи. Учні вчать ся цінувати працю як важливу складову особистісного й суспільного розвитку;

- сформува ти політехнічний світогляд і техніко-технологічну компетентність – учням надаються основи наукових знань і розуміння технологічних процесів, що дозволяють адаптуватися до сучасних виробничих умов. Це включає ознайомлення з інформаційно-виробничими технологіями та основами екологічного, економічного й соціального мислення;

- розвинути професійно важливі якості – навчання сприяє розвитку інтелектуальних здібностей, психофізіологічних характеристик, творчого підходу до роботи та спеціальних техніко-технологічних навичок, необхідних для ефективного виконання завдань у галузі металообробки;

- сприяти свідомому професійному самовизначенню – забезпечуються умови для особистісно-орієнтованого підходу, який дозволяє учням знайти своє місце у виробничій сфері, враховуючи їхні бажання, здібності й потреби ринку праці;

- формувати готовність до безперервної освіти – учні здобувають навички, необхідні для подальшого професійного вдосконалення, конкурентоспроможності на ринку праці, адаптації до нових технологій і роботи в умовах ринкових відносин;

- розвивати культуру особистості – важливим аспектом є виховання культури праці, екологічної, економічної, естетичної й побутової культури. Учні вчать ся відповідально ставитися до результатів своєї діяльності;

- забезпечити інтеграцію загальної та професійної освіти. Профільне навчання створює платформу для поступового переходу від загальноосвітньої до професійної підготовки, що відповідає потребам сучасного виробництва;

- розвивати самостійність і підприємницький дух – учні набувають навичок, які дозволяють їм бути активними й конкурентними учасниками

ринку праці, а також проявляти ініціативність у підприємницькій діяльності.

Для якісного проведення уроків вчителю потрібна відповідна навчальна література, яка слугує основою для планування й організації навчального процесу. Однак нині спостерігається дефіцит таких матеріалів, особливо тих, які відповідали б сучасним освітнім стандартам, враховували зміни в науці, техніці та суспільстві, а також були адаптовані до вікових та індивідуальних особливостей учнів.

Якісна навчальна література повинна бути не просто джерелом інформації, але й інструментом, що сприяє розвитку творчих, аналітичних і практичних умінь учнів. Вона має містити структуровані матеріали, націлені на досягнення навчальних цілей, інтегрувати сучасні методики, а

також передбачати систему завдань для самостійного опрацювання й оцінювання знань.

Забезпечення таких ресурсів є важливою складовою створення сприятливих умов для реалізації освітніх програм, що відповідають актуальним вимогам суспільства та викликам сучасності.

Тому мета роботи – обґрунтувати і укласти макет навчального посібника з розділу «Допуски і технічні вимірювання» для учнів 10-11 класів.

Об'єкт дослідження – процес профільного навчання учнів 10-11 класів з розділу «Допуски і технічні вимірювання».

Предмет дослідження – зміст навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання».

Основні завдання дослідження включають:

- визначення очікуваних результатів навчання з теми «Допуски і технічні вимірювання»;
- розробку інформаційного поля, створення дидактичних одиниць для структурованого представлення навчального матеріалу;
- побудову структурно-сислової моделі основного тексту посібника із визначенням оптимальної послідовності його подання;
- обґрунтування методичного апарату, розроблення макету посібника та оцінювання його якості.

Для досягнення цих завдань застосовувались такі методи дослідження:

- аналіз наукової, технічної та методичної літератури для з'ясування підходів до проєктування навчального змісту та створення навчальних матеріалів;
- класифікація та систематизація теоретичних даних для визначення ключових фахових знань;

- використання графоаналітичного методу для створення структурно-сислової моделі навчального матеріалу, яка визначає логічну послідовність викладення інформації;
- метод логічного узагальнення для формулювання висновків і рекомендацій щодо структури та змісту навчального посібника.

# 1 ПРОЕКТУВАННЯ ЗМІСТУ ОСНОВНОГО ТЕКСТУ НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА

## 1.1 Проектування результатів навчання

Кожна людина, виконуючи будь-яку діяльність, ставить перед собою певну мету. Мета є результатом уявлення ідеального образу того, що бажано досягти, і вона формує основу нашої діяльності. У процесі досягнення мети ми виконуємо дії, спрямовані на отримання бажаного результату, будь то створення продукту, отримання винагороди чи задоволення.

В українській мові існує також термін «ціль», який позначає конкретний орієнтир, схожий на мішень, до якої людина прагне потрапити. У контексті організації діяльності ми використовуємо цей термін для позначення чітко визначеного результату, якого необхідно досягти [6].

Встановлення мети є ключовою ознакою будь-якої діяльності, адже саме вона відрізняє діяльність від інших форм людської активності. Наприклад, поведінку учня під час уроків можна вважати діяльністю лише тоді, коли вона спрямована на досягнення певної цілі: отримання знань, здобуття високої оцінки чи підготовку до майбутнього іспиту. Формування мети ґрунтується на потребах і мотивах людини, які виступають рушійною силою її активності.

Проте часто люди виконують дії не лише для досягнення власної мети, а й для реалізації цілей, поставлених іншими людьми. Особливо це помітно в управлінській діяльності, де керівник визначає завдання для підлеглих, формулює чіткі цілі й забезпечує їхню мотивацію. Таким чином, діяльність орієнтована як на індивідуальні, так і на спільні цілі, що сприяє гармонізації взаємодії між людьми в процесі досягнення результатів.

Спільна мета є основою будь-якої спільної діяльності, включаючи навчання. Вона впливає на всі компоненти діяльності: процес виконання, предмет, умови, засоби, і найголовніше – кінцевий результат. Спільна мета забезпечує єдність дій, створюючи умови для координації зусиль учасників.

Терміни «ціль» і «мета» часто використовують як синоніми, однак вони можуть мати нюанси значення. Ціль зазвичай сприймається як конкретний орієнтир, тоді як мета може мати ширше значення, включаючи загальне спрямування або концепцію.

Процес цілепокладання — це свідоме формулювання цілей, що є важливою складовою управління діяльністю. У психології та педагогіці цілепокладання виступає необхідним етапом для визначення сенсу діяльності, пріоритетів і способів досягнення бажаних результатів. Цей процес допомагає організувати ресурси, спрямувати зусилля та встановити контроль за виконанням завдань.

Функції цілепокладання є багатограними [11]:

- надання сенсу активності: цілі пояснюють, навіщо виконуються ті чи інші дії;
- встановлення пріоритетів: допомагають визначити, на що потрібно спрямувати увагу та ресурси;
- планування: забезпечують чітке розуміння шляхів досягнення мети;
- економія ресурсів: оптимізують витрати часу та енергії;
- мобілізація: спонукають учасників до дій, створюючи стимул;
- емоційне підкріплення: досягнення проміжних цілей підтримує позитивний настрій;
- концентрація зусиль: спрямовує увагу на ключові завдання;
- організація та узгодження: забезпечують взаємодію учасників;
- контроль: дозволяють оцінювати прогрес і коригувати дії.

Правильне формулювання цілей є надзвичайно важливим, адже від цього залежить успіх діяльності. У педагогічному проєктуванні цьому

процесу потрібно приділяти значну увагу. Це допоможе забезпечити не лише досягнення результатів, а й ефективний розподіл ресурсів, формування мотивації та створення умов для розвитку учасників.

Цілепокладання базується на низці принципів і правил, що забезпечують якісне визначення цілей. Одним із широко відомих підходів до формулювання ефективних цілей є принцип «SMART», який активно використовується у міжнародній тренінговій практиці [18]. Цей принцип допомагає визначити цілі так, щоб вони були максимально зрозумілими, досяжними та результативними:

- Specific (конкретність): ціль має бути сформульована чітко, без двозначностей. Вона повинна бути зрозумілою для кожного учасника процесу та включати конкретну практичну спрямованість, яка одразу показує, що необхідно зробити;

- Measurable (вимірність): важливо визначити критерії, за якими можна буде оцінити досягнення цілі. Це можуть бути кількісні або якісні показники, які дозволяють об'єктивно виміряти результат;

- Achievable (досяжність): ціль має бути реальною для досягнення, з урахуванням наявних ресурсів і можливостей. Важливо враховувати рівень підготовки та потенціал учасників;

- Realistic (реалістичність): формулювання цілі повинно враховувати зовнішні умови, ресурси, обмеження та можливості. Ціль повинна бути амбітною, але водночас реально досяжною;

- Time-bound (термін реалізації): необхідно чітко вказати часові рамки для досягнення цілі. Це створює конкретний орієнтир і дозволяє ефективно планувати діяльність.

Принцип «SMART» є універсальним інструментом для будь-якої сфери діяльності, включаючи освітній процес. Він допомагає навчальним закладам і педагогам формулювати цілі, які мотивують учнів, забезпечують прозоре планування та оцінювання результатів навчання. Застосування

цього підходу сприяє організованому управлінню діяльністю і досягненню поставлених завдань.

Правила цілепокладання, засновані на розгляді зазначених факторів і принципів, визначають ключові моменти, які слід враховувати при формулюванні ефективних і досяжних цілей. Вони включають:

1 Формулювання цілі має починатися з дієслова, яке чітко визначає дію та відповідає на запитання: «Що зробити?». Це дозволяє сфокусуватися на конкретних завданнях і процесах. Наприклад, замість абстрактного «Покращити знання» краще вказати «Ознайомити учнів із основами теорії».

2 Важливо включити у формулювання мети чіткий опис результату, якого прагнуть досягти. Це відповідає на питання: «Що? Кого? Для чого?». Наприклад, «Навчити студентів проводити вимірювання із застосуванням сучасного обладнання».

3 Формулювання цілі повинно містити вказівки на:

– засоби: «Чим? За допомогою чого?» (наприклад, використовуючи лабораторне обладнання).

– умови: «Як? Де? Коли?» (наприклад, під час практичних занять у спеціально обладнаній аудиторії).

– норми результату: «За який час? З якою точністю? В якому обсязі?» (наприклад, виконання завдання з точністю до 0,1 мм).

Чим більше деталей міститься у формулюванні мети, тим точніше вона спрямовує діяльність. Процес формулювання зазвичай починається зі створення загальної мети, яка потім конкретизується до рівня завдань. Наприклад, загальна мета «Оволодіти основами технічного вимірювання» може розбиватися на конкретні завдання: «Ознайомитися з видами вимірювальних приладів», «Засвоїти техніку виконання точних вимірювань» тощо.

В освітній сфері постановка цілей має свої особливості. Вона передбачає взаємодію вчителя та учня, тому мета поділяється на [34]:

– цілі навчання (що ставить педагог);

– цілі учіння (що переслідує учень).

Оскільки освітній процес є спільною діяльністю, головна мета — це набуття учнем предметного соціального досвіду. Ця мета має нематеріальний характер і складно оцінюється кількісно. Наприклад, розвиток критичного мислення чи формування відповідального ставлення до професії є результатами, які важко виміряти прямо, але вони є важливими складовими навчання.

Отже, успішне цілепокладання в освітній діяльності полягає у врахуванні як об'єктивних, так і суб'єктивних факторів, що сприяють ефективній організації навчального процесу [32].

У навчальній діяльності важливо чітко визначити, як оцінювати досягнення навчальних цілей. Наприклад, після ознайомлення учня з навчальним посібником, важливо забезпечити можливість перевірки його розуміння. Це можна зробити через конкретні дії, такі як пояснення понять, розкриття правил чи опис методів, згаданих у посібнику. Виконання цих дій є свідченням того, що учень досяг бажаних навчальних результатів.

Зважаючи на це, навчальні цілі можна визначити як очікувані зміни в досвіді учнів, які виражаються через конкретні дії, які вони здатні виконати після вивчення матеріалу. Такий підхід дозволяє чітко сформулювати критерії для оцінки навчального процесу, зокрема, наскільки успішно учень оволодів новими знаннями та навичками.

Освітні цілі, в свою чергу, можна побудувати в ієрархічній структурі, де вищим рівнем є глобальні освітні цілі, визначені у державних освітніх документах. Вони охоплюють загальні напрямки та засади освітнього процесу, а на нижчому рівні розташовуються конкретні навчальні цілі, які є підцілями для досягнення цих більш загальних цілей.

Закон України «Про освіту» [24] визначає освіту як процес, спрямований на всебічний розвиток особистості та її потенціалу як важливого активу суспільства. Освітні цілі мають на меті розкриття талантів і фізичних здібностей, виховання моральних цінностей та формування

громадян, здатних робити свідомі соціальні вибори. Крім того, освіта сприяє підвищенню інтелектуального, творчого та культурного потенціалу нації, а також забезпечує народне господарство кваліфікованими фахівцями.

У процесі формулювання освітніх цілей важливо враховувати різні етапи та рівні освіти. Відповідні цілі зазначені в офіційних документах, таких як статuti навчальних закладів, навчальні плани та програми, які схвалюються Міністерствами освіти і науки та іншими відомствами на державному рівні.

На більш детальному, оперативному рівні, формулюються цілі, які стосуються конкретних дисциплін, курсів, розділів чи тем. Ці цілі є частиною навчальних програм та посібників, що регулюють навчальну діяльність. Освітні цілі на цьому рівні повинні враховувати особливості навчального курсу, склад учнів та інші умови навчання. Вони також можуть бути впорядковані в ієрархії для досягнення системного підходу до цілепокладання в освітньому процесі [2].

Існує кілька рівнів навчальних цілей, кожен з яких має свою специфіку і роль у навчальному процесі. Ось основні з них:

1 Загальні навчальні цілі – це абстрактне формулювання бажаних результатів навчання, яке описує кінцеві цілі в загальних термінах, не вказуючи конкретні умови їх досягнення.

2 Орієнтовні навчальні цілі – ці цілі конкретизують загальні, проте вони ще не включають чітко визначених стандартів. Вони надають більше конкретики в порівнянні з загальними цілями, але не дають точних інструкцій щодо того, як саме досягти цих результатів.

3 Конкретні навчальні цілі – це детальні описання результатів навчальної діяльності, включаючи методи, умови досягнення, контроль та стандарти. Вони також можуть бути названі діагностичними цілями, оскільки їх можна перевірити і оцінити. Ці цілі описують конкретні кроки, які учень має здійснити, і містять чітке визначення необхідних параметрів і норм досягнення.

Процес постановки та конкретизації навчальних цілей є складним, адже вимагає інтеграції теоретичних знань та практичних навичок. Одним із способів конкретизації цілей є використання дієслів, які чітко вказують на дії, що мають бути виконані.

Ієрархія навчальних цілей часто представляється у вигляді «дерева» чи «грона», що допомагає як учням, так і викладачам краще уявити взаємозв'язок між різними елементами навчального матеріалу. Цей підхід дозволяє збудувати логічну структуру навчання, де кожен етап навчального процесу підпорядкований певній меті та допомагає чітко визначити послідовність навчальних завдань [11].

Аналіз програми для профільного навчання учнів спеціалізації «Металообробка» [30] дозволяє чітко визначити, які знання і навички повинні бути сформовані у учнів у процесі вивчення розділу «Допуски і технічні вимірювання». Ось основні результати, яких мають досягти учні:

- 1 Пояснення основних понять і принципів:
  - взаємозамінність деталей у машинобудуванні, стандартизація, нормалізація, уніфікація;
  - пояснення поняття взаємозамінності, системи отвору і валу та приклади їх використання в машинобудуванні.
- 2 Знання розмірів та допусків:
  - розрізнення видів розмірів у машинобудуванні, граничних відхилень;
  - пояснення процесу вимірювання в машинобудуванні та застосування розмірів на кресленнях;
  - графічне інтерпретування поля допуску та визначення номінальних і дійсних розмірів.
- 3 Посадки та шорсткість поверхні:
  - розпізнавання видів посадок, їх графічне позначення;
  - пояснення понять натягу, зазору і шорсткості обробки поверхні;

- визначення посадок і класу шорсткості за позначенням на кресленнях.

#### 4 Контрольно-вимірювальні інструменти:

- розрізнення видів контрольно-вимірювальних інструментів та їх призначення;

- використання інструментів для вимірювання розмірів виробів на практиці.

Для того, щоб досягти цих результатів, необхідно визначити відповідні дидактичні задачі. Наприклад, для того, щоб учень міг пояснити суть поняття взаємозамінності деталей, йому слід знати основи стандартизації в машинобудуванні, принципи роботи з різними типами посадок і взаємозамінності. Аналогічно, для того, щоб учень міг розрізняти види розмірів в машинобудуванні, він повинен володіти знаннями про основи вимірювання, визначення граничних відхилень.

Це дозволяє побудувати чітку структуру для вивчення розділу, де кожна дидактична ціль сприяє засвоєнню відповідних знань і формуванню необхідних умінь для майбутнього фахівця в галузі металообробки (таблиця 1.1).

Розрізняють три рівні сформованості умінь, що допомагає ефективно оцінити рівень володіння студентами різними навичками та знаннями [3]:

1 З опорою на джерело інформації (ОДІ) – цей рівень передбачає виконання дії з використанням інструкцій або під керівництвом. Студенти здатні виконати завдання за чіткими вказівками або з допомогою вказаного джерела, що є важливим для початкового етапу навчання.

Таблиця 1.1 – Результати навчання з розділу «Допуски і технічні вимірювання»

Дидактична ціль	Бажаний рівень сформованості дій	Дидактичні навчальні задачі
1	2	3
Уміти:		Знати:
- пояснювати суть понять взаємозамінність деталей, принципи стандартизації, нормалізації та уніфікації у машинобудуванні;	С	- визначення поняття взаємозамінність, стандартизація; - принципи стандартизації та уніфікації у машинобудуванні;
- пояснювати поняття взаємозамінності, систему отвору і валу;	С	- система отвору; - система вала;
- розрізняти види розмірів в машинобудуванні, поняття граничних відхилень;	С	- види розмірів в машинобудуванні; - сутність поняття граничні розміри;
- пояснювати суть процесу вимірювання в машинобудуванні;	С	- характеристику процесу вимірювання; - види вимірювального інструменту;
- користуватися графічними зображеннями розмірів на кресленнях;	С	- правила позначення розмірів на кресленнях;
- графічно інтерпретувати поле допуску; визначати номінальні та дійсні розміри за величиною поля допуску;	С	- визначення і сутність поняття допуск; - номінальні та граничні розміри;
- розпізнавати види посадок, способи їх графічного позначення, шорсткість поверхні, способи її графічного позначення;	С	- сутність поняття посадка; - види посадок (з зазором, з натягом, перехідні); - позначення посадок на кресленнях; - сутність поняття шорсткість поверхні; - позначення шорсткості на кресленнях;
- визначати величину посадок, клас шорсткості за позначенням на кресленні;	С	- сутність поняття посадка; - види посадок (з зазором, з натягом, перехідні); - позначення посадок на кресленнях; - сутність поняття шорсткість поверхні; - позначення шорсткості на кресленнях;

Кінець таблиці 1.1

1	2	3
-		- правила визначення величини посадок та шорсткості за позначеннями на кресленнях
- розрізняти види контрольно-вимірювального інструменту, область його застосування;	С	- види контрольно-вимірювального інструменту; - область застосування контрольно-вимірювальних інструментів різних видів; - будову контрольно-вимірювального інструменту
- використовувати контрольно-вимірювальний інструмент при проектуванні та вимірюванні розмірів виробів на практиці.	С	- правила вимірювання розмірів.

2 Самостійно (С) – це рівень, на якому студенти можуть виконувати завдання без зовнішньої допомоги, але без автоматизації дій. Вони застосовують отримані знання і навички самостійно, що свідчить про здобуття певної автономії у виконанні завдань.

3 Самостійно в автоматичному режимі (СА) – на цьому рівні уміння і навички повністю автоматизовані. Дії виконуються без значних зусиль або розумових напружень, оскільки вони стали звичними і виконуються інтуїтивно. Це свідчить про високий рівень майстерності у виконанні завдань.

Таким чином, для ефективного навчання теми «Допуски і технічні вимірювання» потрібно розвивати ці рівні умінь, забезпечуючи поступове зростання здатності до самостійного виконання завдань і автоматизації професійних навичок.

1.2 Компонування інформаційного поля з теми та формування дидактичних одиниць навчального матеріалу

Підготовка навчального матеріалу для викладання є складним та трудомістким процесом, який включає кілька ключових етапів. Один із найбільш часозатратних – це аналіз і відбір змісту навчального матеріалу. Проблеми при виборі матеріалу часто виникають через наступні обставини:

- відсутність якісних підручників з багатьох дисциплін, особливо для нових або оновлених курсів, які вводяться у навчальних закладах, що ускладнює пошук оптимальних джерел, які відповідають вимогам сучасного навчального процесу;

- невелика кількість матеріалу в наявних підручниках, багато з них не дають повного викладу теми, що може ускладнити процес навчання, що вимагає додаткових джерел для забезпечення більш глибокого розуміння навчального матеріалу;

- відсутність єдиного підручника для профільного навчання, що змушує вчителів використовувати різні джерела для покриття всієї програми, а це потребує більше часу на адаптацію матеріалу під конкретні потреби учнів.

Після того як навчальний матеріал відібрано з різних джерел, наступним етапом є його методична та дидактична переробка. Це включає структурування та логічну побудову матеріалу, що дозволяє викладачеві створити чіткий і зрозумілий конспект для подальшого використання в навчальному процесі.

Структурно-логічний аналіз матеріалу – це важливий етап, що включає [10]:

- розподіл змісту на окремі навчальні елементи або поняття;
- класифікацію цих елементів та встановлення зв'язків між ними.

Такий аналіз дає змогу не тільки організувати матеріал, а й визначити логічні зв'язки між його частинами, що сприяє кращому розумінню та засвоєнню учнями.

Структура навчальної інформації складається з навчальних елементів або понять. Поняття – це форма наукового знання, яка відображає суттєві характеристики об'єктів, явищ чи процесів, зафіксовані за допомогою спеціальних термінів. Наприклад, поняття «взаємозамінність» у машинобудуванні є важливим для розуміння принципів заміни деталей без порушення функціональності.

Навчальний елемент, або дидактична одиниця (ДО), визначається як будь-який об'єкт, що підлягає вивченню – предмет, процес, явище чи метод дії [2]. Це складові частини навчального матеріалу.

Поняття характеризуються трьома основними параметрами:

1) обсяг – кількість об'єктів, які охоплює дане поняття. Наприклад, поняття «креслення» охоплює різні види креслень, кожен з яких має свої характеристики та застосування.

2) зміст – сукупність суттєвих властивостей об'єктів чи явищ, які цей термін описує. Наприклад, поняття «механізм» включає в себе важливі аспекти конструкції, функції та принципи роботи механізмів.

3) зв'язки та відносини – це те, як конкретне поняття пов'язане з іншими поняттями. Наприклад, поняття «корпус» може бути пов'язане з поняттям «механізм», що допомагає краще розуміти структуру і функціонування об'єкта в цілому.

Зміст навчального матеріалу профільного навчання учнів 10-11 класів спеціалізації «Металообробка» здебільшого орієнтований на технічні пристрої та обладнання. Щоб матеріал став зрозумілим і цілісним для учнів, його слід подати через систему понять, що охоплюють такі основні складові: функціональне призначення пристрою, фізичні процеси, які лежать в основі його роботи, а також конструкційні параметри пристроїв. Наприклад, при вивченні взаємозамінності деталей учні повинні навчитися пояснювати, що це таке і як застосовуються принципи стандартизації, нормалізації та уніфікації в машинобудуванні. Важливо також, щоб вони навчилися розрізняти види розмірів в машинобудуванні і розуміти поняття

граничних відхилень. Одним із прикладів є визначення номінальних та дійсних розмірів деталей за величиною поля допуску, що є частиною графічного позначення розмірів на кресленнях. Пояснення натягу і зазору, а також графічне позначення шорсткості поверхні дозволяють учням отримати розуміння важливих параметрів для виготовлення деталей, що мають високі вимоги до точності. Щодо контрольно-вимірювальних інструментів, учні повинні бути здатні розрізняти їх види, призначення та область застосування, а також уміти використовувати інструменти для вимірювання та проектування розмірів під час виготовлення виробів.

Для ефективного формування технічних понять важливо враховувати час їхнього введення та рівень засвоєння. Поняття можуть бути новими, тобто такими, що вводяться вперше в процесі навчання, або опорними, якщо вони були сформовані раніше під час вивчення інших тем або дисциплін. Вчитель визначає момент формування кожного поняття, що допомагає у систематизації матеріалу та плануванні навчального процесу.

Беспалько В.П. запропонував класифікацію понять за рівнями їх засвоєння, розділяючи їх на чотири основні рівні [33]:

1) впізнавання – на цьому рівні учні виконують дії з підказкою, що означає вивчення поняття через надання допомоги або орієнтаційні підказки. Це зазвичай стосується понять другорядного значення, які учні повинні лише знати, визначати і класифікувати. На цьому рівні формуються базові поняття, які потрібні для подальшого вивчення. Наприклад, учень розпізнає і називає основні терміни «граничні відхилення», «посадка», «шорсткість поверхні» на кресленнях. Цей рівень включає визначення і класифікацію понять, що були введені під час навчального процесу. Учень може вказати, що таке граничні відхилення і розпізнати їх на зображеннях технічних креслень;

2) відтворення – цей рівень передбачає виконання дій за пам'яттю. Учні здобувають знання, що дозволяють їм пояснювати характеристики, конструкцію технічних об'єктів, вирішувати завдання за допомогою

відомих формул і алгоритмів. Вони не просто запам'ятовують, а й використовують отриману інформацію для вирішення типових завдань. Наприклад, використовуючи знання про систему отвору і валу, учень може визначити їх відповідність у машинобудуванні та розрахувати припустимі відхилення розмірів;

3) застосування – на третьому рівні учні вже здатні застосовувати знання і навички для вирішення практичних завдань. Це передбачає виконання продуктивної діяльності, опираючись на алгоритми, які можна адаптувати до конкретної ситуації. На цьому рівні здобувається навичка роботи з реальними проблемами, що вимагають застосування набутих знань. Наприклад, учень використовує знання для вирішення практичних завдань на основі заданих алгоритмів, зокрема виконуючи вимірювання деталей за допомогою різних контрольно-вимірювальних інструментів, він може самостійно визначити точність виготовлення деталі;

4) інтеграція – цей рівень передбачає засвоєння та застосування знань у нових контекстах, зокрема у творчих завданнях і суміжних дисциплінах. Учні використовують свої знання для вирішення складних проблем, шукають нові способи застосування набутих навичок і розв'язують нові, творчі завдання. Це високий рівень, який передбачає інноваційне застосування здобутих знань у різних сферах діяльності. Наприклад, учень застосовує свої знання та навички при розробці проекту з технічного обслуговування або вдосконалення технологічного процесу в машинобудуванні.

Відбір змісту навчального матеріалу для теми «Допуски і технічні вимірювання» проводиться на основі визначених у п.1.1 дидактичних задач, що відображають кінцеві навчальні цілі. Для цього було проведено аналіз доступних джерел, включаючи підручники, навчальні посібники, наукові статті та іншу літературу, пов'язану з цією темою [1; 4; 5; 14; 15; 16; 17; 19; 20; 21; 22; 27; 31; 33]. Зібраний матеріал є основою для формування основного тексту навчального посібника.

З метою впорядкування та оптимального структурування навчального матеріалу було проведено його поділ на окремі навчальні елементи або дидактичні одиниці (ДО). Дидактична одиниця визначається як логічно завершена порція навчальної інформації, яка відображає властивості певного навчального об'єкта [3]. Такий підхід сприяє ефективному засвоєнню матеріалу, забезпечуючи послідовність і цілісність подачі.

На основі аналізу літератури, інформаційне поле теми «Допуски і технічні вимірювання» було поділене на наступні дидактичні одиниці:

ДО1 Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції

ДО2 Загальні відомості про розміри

ДО3 Поняття про з'єднання. Зазор. Натяг. Посадки.

ДО4 Система допусків і посадок

ДО5 Утворення і позначення полів допусків і посадок на кресленнях

ДО6 Принципи і методи вибору допусків та посадок

ДО7 Загальні відомості про відхилення форми поверхонь

ДО8 Класифікація відхилень геометричних параметрів деталей

ДО9 Відхилення форми циліндричних і плоских поверхонь

ДО10 Відхилення і допуски розташування поверхонь

ДО11 Шорсткість поверхонь

ДО12 Поняття про метрологію

ДО13 Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої

ДО14 Похибки вимірювань

Зміст дидактичних одиниць навчального матеріалу теми «Допуски і технічні вимірювання» наведено в таблиці А.1 додатку А.

Виділені дидактичні одиниці будуть складовими елементами змісту навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання». Їх побудова враховує ступінь новизни, рівень абстракції та рівень сформованості знань учнів. Відповідно до ступеня новизни дидактичні одиниці класифікуються як відомі (В), частково відомі (ЧВ) і нові (Н). Відомі дидактичні одиниці –

це ті, які вже розглядалися в рамках базових дисциплін або раніше вивчених тем. Частково відомі одиниці – це поняття, які поглиблюють знання, розширюючи їх або переносячи у нові контексти. Нові одиниці є тими, що вперше зустрічаються у навчальній діяльності учнів [3].

Функції навчального посібника відображають його педагогічне призначення. Загальноосвітня функція посібника реалізується через систематичне представлення знань, методів пізнання і практичного застосування навчального матеріалу. Наприклад, під час вивчення теми «Допуски і технічні вимірювання» загальноосвітня функція реалізується через пояснення понять «граничні відхилення», «система отвору і валу», які демонструють учням основи точності в машинобудуванні.

Виховна функція навчального посібника сприяє формуванню у школярів світогляду, самодисципліни, здатності до самоконтролю і критичного мислення. Наприклад, учні вчаться оцінювати точність вимірювань та розуміють важливість дотримання стандартів у металообробці, що формує відповідальне ставлення до своєї майбутньої професійної діяльності.

Розвивальна функція спрямована на інтелектуальний розвиток учнів, підвищення рівня їхніх пізнавальних здібностей і вміння абстрактно мислити. Наприклад, розгляд графічної інтерпретації полів допусків дозволяє учням оперувати абстрактними поняттями, такими як «допуск», «посадка» або «граничне відхилення», що сприяє розвитку їхнього логічного та критичного мислення.

Поняття рівня абстракції відіграє важливу роль у структуризації навчального матеріалу. Абстрагування дозволяє учням виділити найсуттєвіші характеристики технічних процесів та пристроїв. Наприклад, у темі «Допуски і технічні вимірювання» пояснення концепції «взаємозамінність» вимагає абстрактного підходу, оскільки потрібно узагальнити багато різних прикладів для розуміння основного принципу.

Важливими аспектами вивчення навчального матеріалу є рівні абстракції, які визначають спосіб подання інформації, залежно від глибини дослідження та рівня узагальнення знань. Абстракція як спосіб мислення полягає у виділенні ключових характеристик об'єкта або явища, відокремлюючи їх від несуттєвих властивостей. Це дозволяє створювати узагальнені наукові поняття, закони та принципи, які відображають сутнісні зв'язки та відношення між елементами досліджуваних явищ.

Залежно від рівня узагальнення, навчальний матеріал може бути представлений на кількох рівнях абстракції [3]:

1) зовнішній опис – це базовий рівень, який зосереджений на фактичних даних і зовнішніх характеристиках об'єкта. Наприклад, у темі «Допуски і технічні вимірювання» на цьому рівні описуються фізичні параметри вимірювального інструменту або методика його використання.

2) якісна теорія – цей рівень передбачає опис об'єкта або явища науковою мовою, використовуючи терміни й поняття, що розкривають його властивості. Наприклад, якісне пояснення принципу взаємозамінності в машинобудуванні, без деталізації формул.

3) кількісна теорія – на цьому рівні створюються математичні моделі для аналізу об'єктів. У темі «Допуски і технічні вимірювання» це може бути визначення поля допуску або обчислення посадок для конкретних деталей.

4) аксіоматична теорія – найвищий рівень узагальнення, який інтегрує закони та принципи функціонування об'єктів, часто об'єднуючи знання з різних галузей. Наприклад, формулювання загальних принципів стандартизації й нормалізації в технічних системах.

Різні рівні абстракції дозволяють адаптувати зміст навчального матеріалу до підготовленості учнів, сприяючи як початковому розумінню явищ, так і формуванню аналітичних і творчих здібностей. У темі «Допуски і технічні вимірювання» застосування цих рівнів забезпечує глибше

засвоєння знань про точність, стандартизацію та вимірювання, що є необхідними для технічної підготовки майбутніх фахівців.

Отже, для формування умінь за темою «Допуски і технічні вимірювання» визначено чотирнадцять навчальних елементів, або дидактичних одиниць, які стали основою для розробки змісту навчального посібника. Ці дидактичні одиниці включають ключові поняття, принципи, алгоритми та приклади, необхідні для оволодіння знаннями і вміннями, які відповідають завданням теми. Вони охоплюють базові знання, пов'язані з вимірюваннями, стандартами та принципами взаємозамінності, а також практичні навички використання вимірювального обладнання.

Наступним етапом є структурування матеріалу основного тексту посібника, що передбачає визначення логічної послідовності подання інформації.

### 1.3 Побудова структурно-сислової моделі основного тексту навчального посібника

Організація навчального матеріалу є ключовим етапом у створенні ефективних навчальних матеріалів. Цей процес спрямований на забезпечення логічності, зрозумілості та послідовності подання інформації. Він полягає в розподілі матеріалу на окремі частини, використанні підрозділів, заголовків, таблиць змісту, нумерації, а також інших методів упорядкування. Така структуризація дозволяє учням легше орієнтуватися у змісті, краще розуміти взаємозв'язки між темами та інтегрувати нові знання у вже наявні [26].

Правильне структурування допомагає учням не лише запам'ятовувати нову інформацію, а й застосовувати її у практичній діяльності. Наприклад, у темі «Допуски і технічні вимірювання» матеріал може бути організований

так: спочатку вводяться базові поняття (наприклад, що таке допуски, шорсткість, посадки), потім деталізуються методи вимірювань, а далі подаються практичні вправи для закріплення матеріалу.

Одним із методів структурування є ієрархічна організація, яка починається із загальних понять і поступово переходить до конкретних деталей. Наприклад, загальний опис посадок може бути розбитий на їх типи, способи графічного позначення і приклади використання [7].

Хронологічний підхід є доцільним для навчання процесам, які передбачають виконання кроків у чіткій послідовності. Наприклад, пояснення, як провести вимірювання деталі, логічно розподіляється за етапами: від підготовки інструментів до аналізу отриманих результатів.

Ще одним способом є тематичне групування матеріалу, при якому подібні поняття об'єднуються в один розділ. У рамках теми про технічні вимірювання це може бути окремий блок, присвячений виключно типам контрольно-вимірювальних приладів, їх особливостям і способам використання.

Завдяки структуруванню навчальні матеріали стають зрозумілішими, а процес навчання – ефективнішим.

Для структурування основного тексту навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання» був застосований графоаналітичний метод [28]. Цей підхід дозволив ефективно організувати зміст, враховуючи його складність і багаторівневі зв'язки між навчальними елементами.

Графоаналітичний метод передбачає використання графів для представлення навчального матеріалу. У рамках цього методу кожний елемент змісту розглядається як вузол графа, а зв'язки між ними – як ребра. Такий спосіб структурування забезпечує логічну послідовність та взаємопов'язаність навчальних елементів. Наприклад, у темі «Допуски і технічні вимірювання» вузлами можуть бути основні поняття, такі як «взаємозамінність деталей», «система отвору і валу», «контрольно-

вимірювальні інструменти». Ребра відображають залежності між цими поняттями, наприклад, вплив одного на точність вимірювань іншого.

Цей метод дозволив створити чітку ієрархію матеріалу. На першому рівні розташовані базові поняття, такі як визначення допусків і посадок. На наступному рівні – детальніші теми, наприклад, типи шорсткості поверхонь і способи їх графічного позначення. Третій рівень охоплює практичні аспекти, такі як використання контрольно-вимірювальних приладів для оцінки шорсткості чи натягів.

Графоаналітичний підхід також забезпечив візуалізацію взаємозв'язків, що сприяє кращому сприйняттю матеріалу. Наприклад, було створено схему, яка показує взаємодію понять «допуски», «граничні відхилення» і «взаємозамінність», демонструючи, як вони впливають на точність виготовлення деталей.

Крім того, метод дозволив виявити центральні поняття, що мають найбільший вплив на загальну структуру матеріалу, та зробити акцент на їх детальному поясненні.

Щоб побудувати структурно-смыслову модель основного тексту навчального посібника, необхідно встановити логічні зв'язки між дидактичними одиницями. Для цього використовують графічне представлення у вигляді графу (рисунок 1.1), де кожна дидактична одиниця позначається колом із номером, а зв'язки між ними — стрілками.

Процес побудови графу базується на аналізі послідовності вивчення навчального матеріалу. Під час цього аналізу ставиться ключове запитання: чи залежить зміст наступної дидактичної одиниці (наприклад, ДО2) від попередньої (ДО1)? Якщо залежність є, то між ДО1 і ДО2 додається стрілка, яка вказує, що матеріал ДО1 є необхідним для розуміння або засвоєння змісту ДО2.

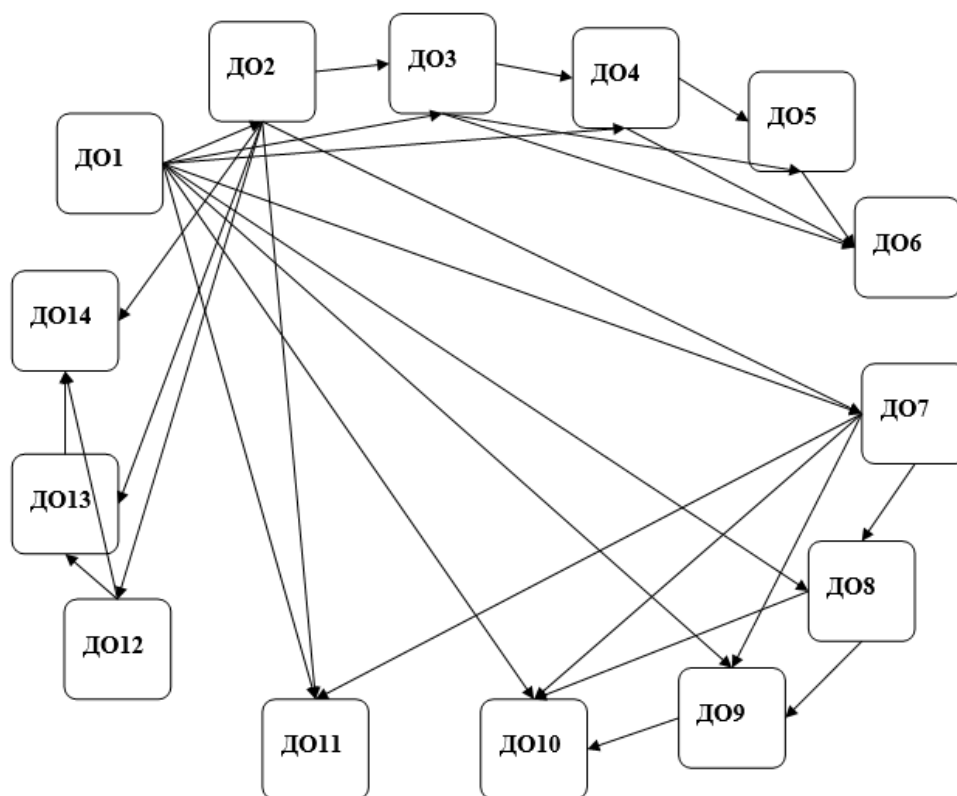


Рисунок 1.1 – Граф взаємозв'язків дидактичних одиниць основного тексту навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання»

Наприклад, у темі «Допуски і технічні вимірювання» ці зв'язки виглядають наступним чином (рисунок 1.1): ДО1 («Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції») є базовою для ДО2 («Загальні відомості про розміри»), ДО3 («Поняття про з'єднання»); ДО4 («Система допусків і посадок»), ДО7 («Принципи і методи вибору допусків та посадок»), ДО8 («Загальні відомості про відхилення форми поверхонь»), ДО9 («Класифікація відхилень геометричних параметрів деталей»), ДО10 («Відхилення форми циліндричних і плоских поверхонь») і ДО11 («Відхилення і допуски розташування поверхонь»). За аналогією ми аналізуємо зв'язки між іншими дидактичними одиницями і зв'язки між ними позначаємо на графі.

Аналіз графа є важливим кроком для забезпечення коректності структурно-сислової моделі навчального тексту. Він допомагає уникнути двох небажаних явищ: замкнених контурів та автономних вершин.

– замкнений контур – це ситуація, коли дидактичні одиниці утворюють логічне кільце, де одна залежить від іншої в замкненому циклі. Це унеможлиблює визначення, яка одиниця має бути вивчена першою, що ускладнює викладання.

– автономна вершина – це дидактична одиниця, яка не має жодного зв'язку з іншими елементами графа. Такі вузли можуть бути необґрунтованими в межах загальної структури матеріалу, що ставить під сумнів їх включення до змісту навчального посібника.

У даному випадку граф не має ні замкнених контурів та автономних вершин, що свідчить про коректну організацію змісту.

Наступним кроком є побудова матриці зв'язків між дидактичними одиницями – таблиці 1.2, що описує логічні взаємозв'язки між дидактичними одиницями. Вона має розмірність  $14 \times 14$ .

Заповнення клітин матриці виконується наступним чином: якщо дидактична одиниця ДО1 пов'язана з дидактичною одиницею ДО2, то на перетині першого рядка і другого стовпця ставиться одиниця, у протилежному випадку – нуль.

Сума одиниць кожного рядка і кожного стовпця показує для кожної вершини графа кількість зв'язків, які відповідно входять і виходять. Самі отримані рядки і стовпці утворюють вектори  $W_a$  (вектор-рядок) і  $W_b$  (вектор-стовпець).

Основним етапом роботи є розкладання вектора  $W_a$  на шари. Кожен шар утворює вектор, який позначено через  $V(p)$ , де  $p$  – номер шару. Нульовий шар включає вектор  $V(0)$ , елементами якого виступають дидактичні одиниці з індексом, який дорівнює стовпцям матриці, що мають нульове значення вектора  $W_a$ , тобто  $V(0) = (DO-1)$ .

Таблиця 1.2 - Матриця взаємозв'язків понять основного тексту навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання»

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$W_b$
1		1	1	1			1	1	1	1	1				8
2			1				1				1	1			4
3				1	1	1									3
4					1	1									2
5						1									1
6															0
7								1	1	1	1				4
8									1	1					2
9										1					1
10															0
11															0
12													1	1	2
13														1	1
14															0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
$Wa_0$	0	1	2	2	2	3	2	2	3	4	3	1	1	2	шар 0
$Wa_1$		0	1	1	2	3	1	1	2	3	2	1	1	2	шар 1
$Wa_2$			0	1	2	3	0	1	2	3	1	0	1	2	шар 2
$Wa_3$				0	1	2		0	1	2	0		0	1	шар 3
$Wa_4$					0	1			0	1				0	шар 4
$Wa_5$						0				0					шар 5

Перший шар побудовано за формулою:

$$Wa_1 = Wa_0 - W_{b1}, \quad (1.1)$$

де  $Wa_1$  – допоміжний вектор для побудови першого шару;  $W_{b1}$ , – вектор, який дорівнює першому рядку матриці (номер рядка відповідає номерам нульових елементів вектора  $Wa$ ).

Аналогічно перший шар включає вектор  $V(1)$ , елементами якого виступають дидактичні одиниці з індексом, який дорівнює стовпцям матриці, що мають нульове значення вектора  $Wa_1$ , тобто  $V(1) = (ДО-2)$ .

Формули для побудови шарів наступні:

$$Wa_2 = Wa_1 - W_{b2}; \quad (1.2)$$

$$Wa_3 = Wa_2 - W_{b3} - W_{b7} - W_{b12}; \quad (1.3)$$

$$Wa_4 = Wa_3 - W_{b4} - W_{b8} - W_{b11} - W_{b13}; \quad (1.4)$$

$$W_{a_5} = W_{a_4} - W_{e_5} - W_{e_9} - W_{e_{14}}. \quad (1.5)$$

Виконана таким чином робота дозволяє розбити всю множину дидактичних одиниць на 6 шарів:

Шар 0 :  $V(0) = \text{ДО1}$ ;

Шар 1 :  $V(1) = \text{ДО2}$ ;

Шар 2 :  $V(2) = \text{ДО3, ДО7, ДО12}$ ;

Шар 3 :  $V(3) = \text{ДО4, ДО8, ДО11, ДО13}$ ;

Шар 4 :  $V(4) = \text{ДО5, ДО9, ДО14}$ ;

Шар 5 :  $V(5) = \text{ДО6, ДО10}$ .

#### 4 Побудова структурно-сислової моделі

Структурно-сислова модель основного тексту навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання» зображена на рисунку 1.2.

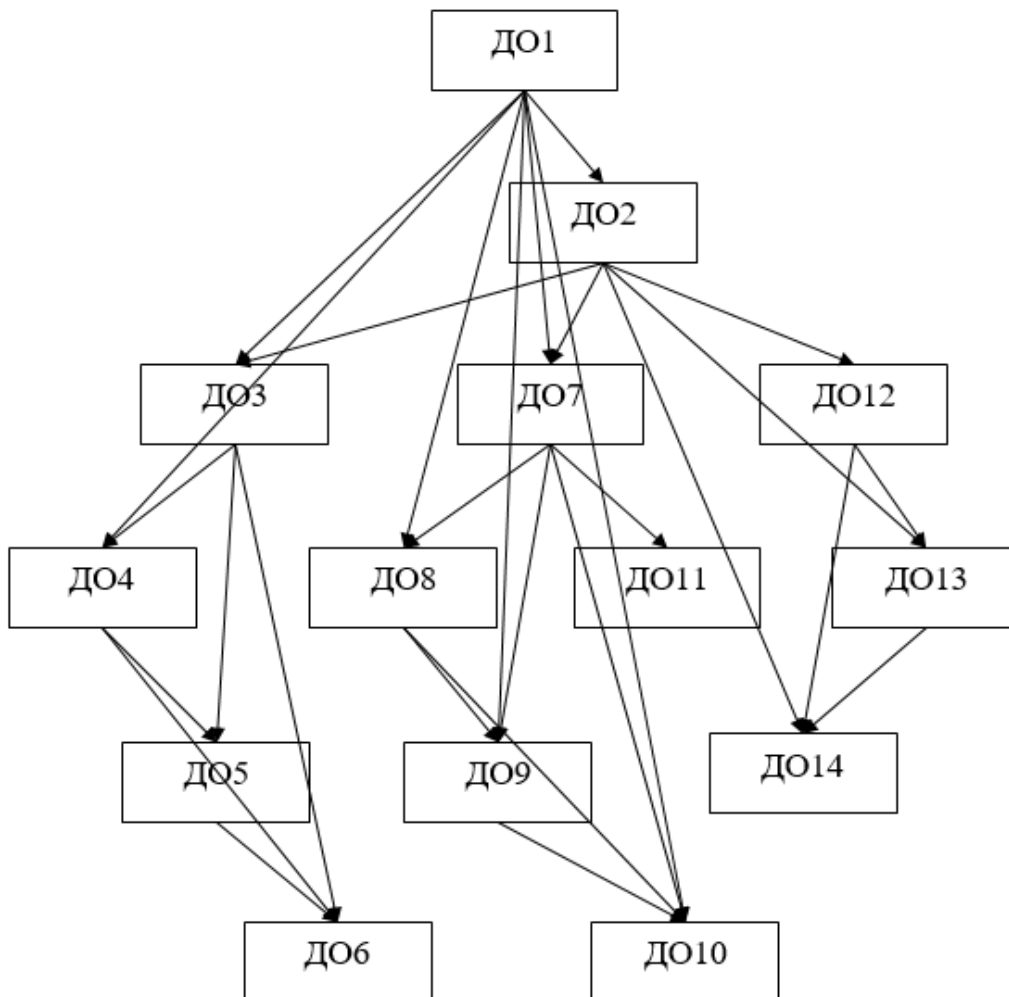


Рисунок 1.2 – Структурно-логічна модель основного тексту навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання»

## 5 Аналіз моделі

Використовуючи побудовану структурно-логічну модель, було отримано наступну послідовність вивчення розділу «Допуски і технічні вимірювання»

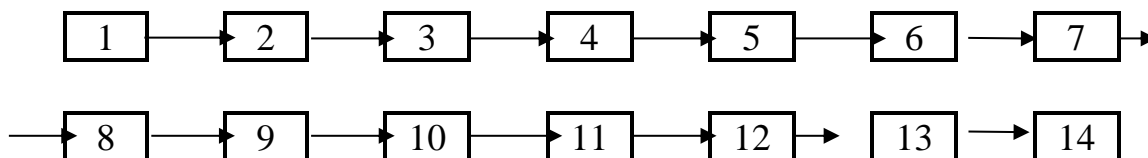


Рисунок 1.3 – Логічний ланцюжок оптимального викладу змісту основного тексту навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання»

Як видно з рисунку 1.3, оптимальна послідовність викладу навчального матеріалу основного тексту навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання» не відрізняється від прийнятої на початку проєктування.

Таким чином у першому розділі кваліфікаційної роботи було виконано кілька важливих етапів дослідження для розробки навчального посібника з теми «Допуски і технічні вимірювання». Спочатку було визначено очікувані результати навчання, що є основою для формування дидактичних цілей. Потім було здійснено систематизацію та компонування навчального матеріалу, що дозволило виділити основні дидактичні одиниці, які стали структурними елементами посібника.

Далі проведено побудову структурно-сислової моделі, яка описує взаємозв'язки між різними елементами навчального матеріалу та визначає логічну послідовність їх викладу. Цей етап є ключовим для забезпечення зрозумілості і послідовності матеріалу, що дозволить учням ефективно засвоювати теоретичні та практичні знання з теми.

## 2 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА

### 2.1 Укладання змісту посібника

У попередньому розділі кваліфікаційної роботи було розроблено зміст основного тексту навчального посібника. Тепер, для створення його методичного апарату, важливо визначити основні вимоги до структури навчальних посібників.

Навчальна література, зокрема навчальні посібники, є важливим інструментом передачі знань. Розробка таких посібників – це складний процес, що вимагає врахування різноманітних аспектів, зокрема педагогічних, психологічних, дидактичних і методичних. Ці аспекти тісно пов'язані з теорією і практикою створення підручників в сучасній освіті, тому навчальні посібники повинні відповідати певним вимогам, аби бути ефективними [23].

Підручничознавство як наука займається вивченням цих аспектів і визначає, як найкраще побудувати підручники, враховуючи всі необхідні елементи для полегшення процесу навчання. Важливими складовими є: структура, організація змісту, чітке визначення навчальних цілей, зрозумілий та доступний виклад матеріалу, а також методичні рекомендації, що допомагають учням ефективно засвоювати навчальний матеріал. Розробка навчальних посібників об'єднує знання в галузі педагогіки, психології та підручничознавства [35].

Навчальний посібник – це спеціальний вид навчальної літератури, мета якого – розширити межі підручника, надаючи додаткову, новітню та довідкову інформацію. Він покликаний забезпечити науковість і точність

викладу матеріалу, при цьому бути зрозумілим і доступним для учнів, чітко формулюючи важливі визначення, правила та концепції [6].

Посібник складається з текстового та позатекстового компонентів [7]. Текстовий компонент включає основний, додатковий і пояснювальний тексти. Текст має бути чітким, з правильною побудовою, а також включати точні формулювання і визначення. Ілюстрації, схеми та малюнки допомагають зрозуміти складні моменти, підвищуючи наочність матеріалу.

Позатекстові компоненти включають:

- апарат організації засвоєння (питання, завдання, вправи);
- інструктивні матеріали (пам'ятки, зразки розв'язування задач, приклади);
- ілюстративний матеріал (фотографії, малюнки, креслення);
- апарат орієнтування (вступ, зміст, бібліографія).

Навчальний матеріал посібника структурно складається з емпіричного, теоретичного та практичного компонентів процесу засвоєння знань [13].

Емпіричний компонент включає знання, які отримані через чуттєвий досвід. Це найпростіша форма знання, що відображає поверхневі зв'язки між явищами і фактами. Учні вчаться упорядковувати ці факти, робити класифікації та використовувати їх для розуміння більш складних явищ. У цьому контексті абстракції, які формуються через емпіричний досвід, є основою для переходу від чуттєвого до більш глибокого розуміння сутності явищ.

Теоретичний компонент охоплює знання, що пояснюють сутність явищ і процесів, їх внутрішні зв'язки та закони. Цей компонент базується на наукових поняттях, які дозволяють абстрагувати реальний світ і представити його в ідеалізованій формі через теоретичні концепції.

Теоретичні знання допомагають вивести узагальнення з емпіричних фактів, даючи глибше розуміння предмету навчання.

Практичний компонент стосується здобуття практичних навичок та умінь. Це важливий елемент підготовки учнів до реального життя, розвитку їх творчих здібностей і характеру. Практичний компонент включає завдання, проблемні ситуації, вправи, інструкції, зразки розв'язання задач та рекомендації. Він сприяє формуванню умінь застосовувати отримані знання на практиці, що є важливим для розвитку практичних навичок у трудовій діяльності.

Ці три компоненти – емпіричний, теоретичний та практичний – взаємодіють у процесі навчання, що дозволяє учням не лише отримувати знання, але й розуміти їхню сутність і застосовувати на практиці.

Зміст навчального посібника складається з кількох компонентів, кожен з яких має свою функцію в навчальному процесі:

- 1) основні факти, принципи, засоби та нові відкриття в науці, які є доступними учням відповідного типу навчальних закладів. Це важливі знання, що формують основу для розвитку професійних навичок учнів у відповідній галузі;

- 2) світоглядно-методологічні та виховні ідеї, включаючи моральні й естетичні ідеали, які формуються через конкретний навчальний матеріал.

Це допомагає учням не лише засвоювати знання, а й формувати власну систему цінностей і переконань;

3) методи наукового мислення і дослідження, що сприяють засвоєнню матеріалу. Це важливо для розвитку в учнів навичок критичного мислення, здатності аналізувати інформацію і робити висновки;

4) знання з історії науки і творчої діяльності її видатних представників, що стимулює інтерес учнів до науки та дає їм приклади успіху, яких вони можуть досягти, застосовуючи отримані знання;

5) уміння і навички, що впливають з конкретного навчального змісту або необхідні для його засвоєння. Це практичні навички, які учні отримують у процесі навчання і які застосовують на практиці;

6) розкриття прийомів мислення та логічних операцій, які учень має засвоїти під час вивчення матеріалу. Це основи логіки, способи обробки інформації, аналізу та синтезу.

Більшість навчальних посібників складається з емпіричних і теоретичних текстів. Емпіричні тексти містять факти, явища, вправи, правила, тоді як теоретичні тексти пропонують більш глибокі теоретичні знання та методологічні основи.

Посібник має бути побудований таким чином, щоб максимально забезпечити учням засвоєння основного навчального матеріалу, а також доповнити його додатковими текстами, які розширюють та поглиблюють знання. Наприклад, включення документів, історичних довідок або інших матеріалів дає змогу учням зрозуміти контекст і важливість вивчаємого матеріалу.

Запитання та завдання у посібнику поділяються на репродуктивні та продуктивні. Репродуктивні запитання передбачають лише відтворення знань, тоді як продуктивні запитання сприяють розвитку критичного

мислення та здатності учнів трансформувати свої знання, шукаючи нові рішення чи підходи.

Ілюстративний матеріал в посібнику відіграє важливу роль, оскільки він допомагає учням наочно сприймати складні теоретичні концепції. Ілюстрації повинні не тільки доповнювати текст, але й бути використаними для виконання завдань та розв'язання питань.

Важливо, щоб учитель активно доповнював зміст посібника додатковою інформацією, оскільки посібники часто мають конспективний характер і не завжди надають всю необхідну інформацію. Залежно від рівня підготовки учнів, учитель може коригувати методику викладу матеріалу, щоб зробити його більш доступним для кожної групи учнів.

Зміст навчального посібника відображає його структуру та організацію навчального матеріалу. У ньому наводяться заголовки рубрик, що дозволяють учням зорієнтуватися в розділах і параграфах посібника, а також зрозуміти, як матеріал організовано для полегшення засвоєння знань. Такий зміст важливий для забезпечення логічної послідовності викладу

матеріалу, що сприяє ефективному навчанню. Зміст посібника «Допуски і технічні вимірювання» подано на рисунку 2.1

<b>ЗМІСТ</b>	
<b>Вступ</b> .....	<b>4</b>
<b>Тема 1. Основні відомості про розміри та з'єднання у машинобудуванні</b> .....	<b>5</b>
1.1. Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції.....	<b>6</b>
1.2. Загальні відомості про розміри.....	<b>12</b>
1.3. Поняття про сполучення. Зазор. Натяг. Посадки.....	<b>17</b>
Питання та завдання для самоконтролю.....	<b>20</b>
<b>Тема 2. Система допусків та посадок ЄСДП СЕВ</b> .....	<b>21</b>
2.1. Система допусків і посадок.....	<b>22</b>
2.2. Утворення і позначення полів допусків і посадок на кресленнях.....	<b>29</b>
2.3. Принципи і методи вибору допусків та посадок.....	<b>31</b>
Питання та завдання для самоконтролю.....	<b>32</b>
<b>Тема 3. Допуски й відхилення форми та розташування поверхонь. Шорсткість поверхні</b> .....	<b>33</b>
3.1. Загальні відомості про відхилення форми поверхонь.....	<b>34</b>
3.2. Класифікація відхилень геометричних параметрів деталей.....	<b>35</b>
3.3. Відхилення форми циліндричних і плоских поверхонь.....	<b>37</b>
3.4. Відхилення і допуски розташування поверхонь.....	<b>41</b>
3.5. Шорсткість поверхонь.....	<b>46</b>
Питання та завдання для самоконтролю.....	<b>48</b>
<b>Тема 4. Основи технічних вимірювань</b> .....	<b>49</b>
4.1. Поняття про метрологію.....	<b>50</b>
4.2. Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої.....	<b>55</b>
4.3. Похибки вимірювання.....	<b>72</b>
Питання та завдання для самоконтролю.....	<b>76</b>
Тестові завдання.....	<b>77</b>
<b>Рекомендована література</b> .....	<b>82</b>

Рисунок 2.1 – Зміст навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання»

Зміст даного посібника розпочинається зі вступу. Вступ до навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання» має на меті коротко ознайомити читача з основними аспектами теми, що висвітлюється

в книзі. Він описує, які знання та навички учень отримає після освоєння матеріалу, а також як ці знання допоможуть у розв'язанні конкретних практичних завдань. Посібник розрахований на тих, хто хоче поглибити свої знання в галузі допусків та технічних вимірювань, а також на тих, хто

застосовуватиме ці знання на практиці. Фрагмент вступу показано на рисунку 2.2.

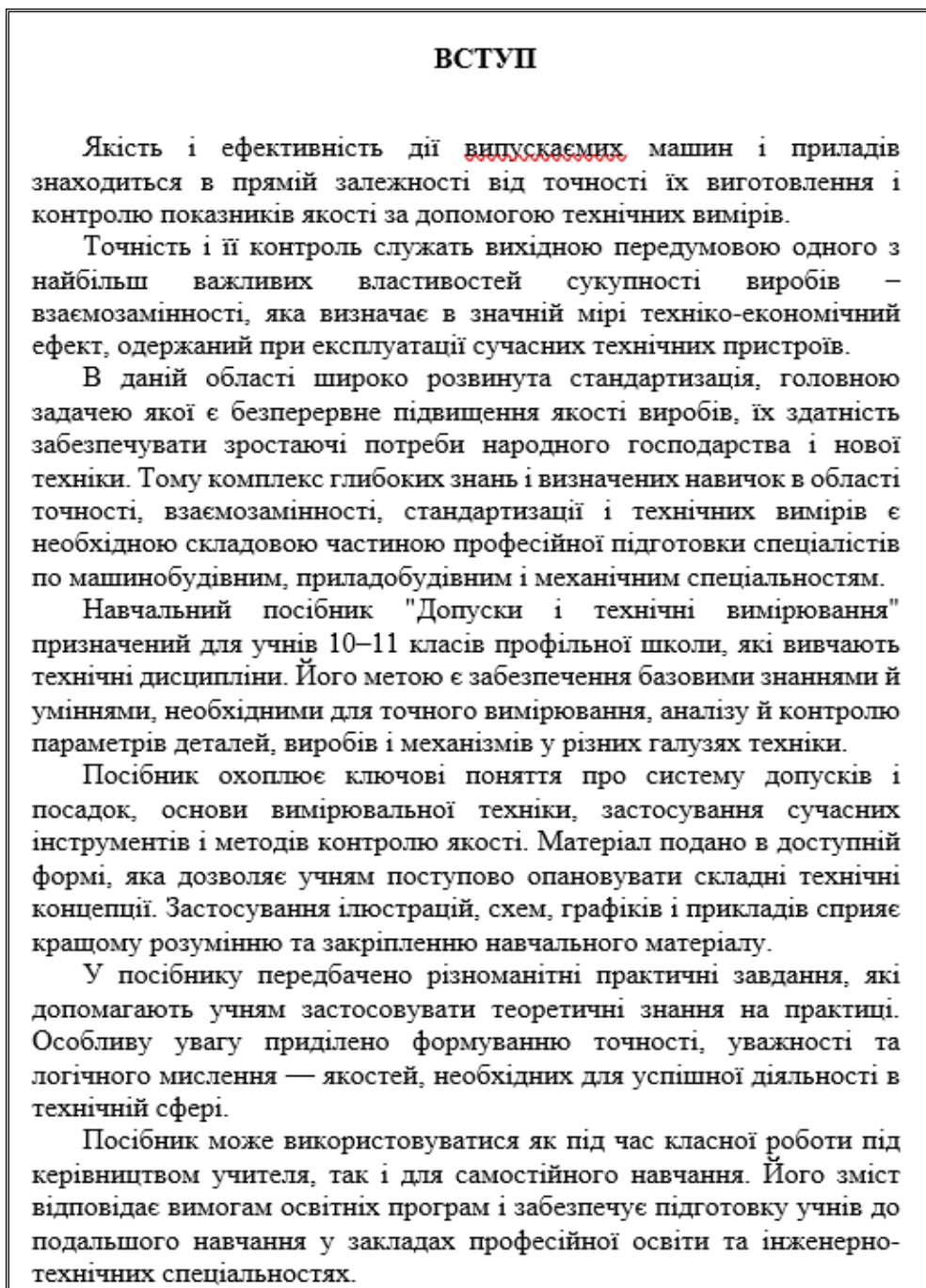


Рисунок 2.2 – Вступ до навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання»

Основний текст навчального посібника створюється в результаті ретельного опрацювання навчального матеріалу з використанням дидактичних і методичних підходів. Виклад інформації повинен відповідати принципам науковості, об'єктивності та логічної послідовності,

забезпечуючи учням можливість не лише засвоювати матеріал, але й працювати з ним самостійно. Структура тексту, введення нових понять, а також використання ілюстрацій спрямовані на розвиток інтересу до предмета та сприяння кращому розумінню.

У навчальних посібниках часто застосовуються різноманітні ілюстрації для пояснення складних понять і процесів. Схеми та діаграми допомагають показати взаємозв'язки між елементами або процесами, наприклад, блок-схеми для опису технологічних процесів. Ілюстрації та малюнки, зокрема фотографії чи карти, дозволяють наочно уявити об'єкти або явища. Таблиці та графіки забезпечують ефективне представлення числових даних, а також аналіз і порівняння. Спрощені рисунки та схеми полегшують розуміння структур чи функцій об'єктів, таких як електронні схеми чи конструктивні моделі. Текстові ілюстрації, що включають визначення, формули або довідкові абзаци, додають до тексту чіткість і роз'яснення [35].

Поєднання текстового матеріалу з ілюстраціями підвищує ефективність навчання, сприяє запам'ятовуванню та кращому розумінню інформації. Такий підхід забезпечує учням всебічну підтримку у вивченні навчального матеріалу та формуванні системного бачення теми.

Приклад ілюстрованого фрагменту посібника «Допуски і технічні вимірювання» показано на рисунку 2.3.

У навчальних посібниках обов'язково мають бути вказані джерела, з яких було запозичено фактичний матеріал. Ці джерела повинні бути зазначені у вигляді бібліографічних посилань у тексті та в окремому розділі

«Рекомендована література». Важливо, щоб дані для посібника були взяті виключно з офіційно опублікованих джерел.

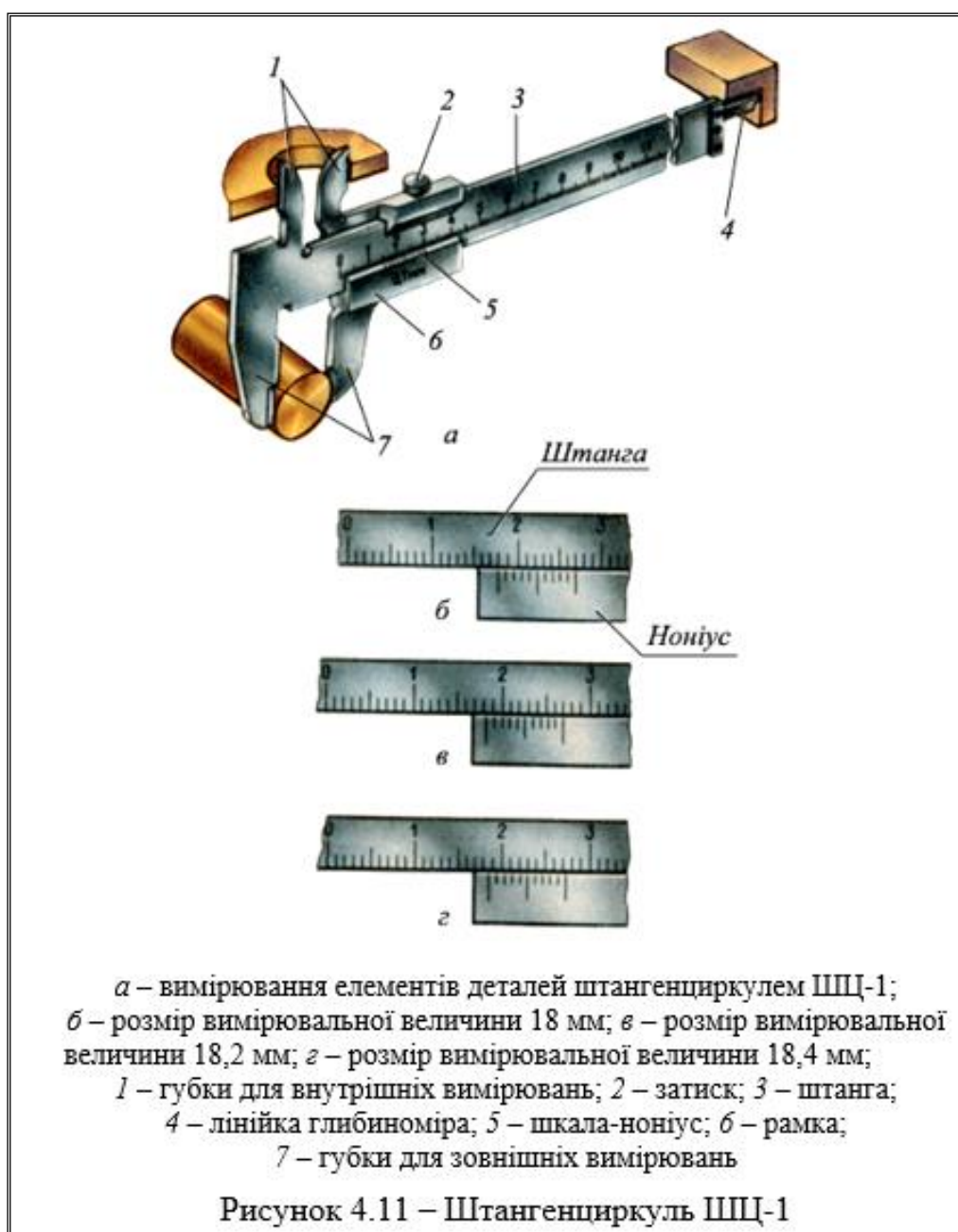


Рисунок 2.3 – Зразок ілюстрації до посібника

Розділ «Рекомендована література» містить перелік основних та додаткових ресурсів, які допомагають поглибити розуміння теми. У бібліографічному описі зазначаються основні елементи: прізвище автора, назва твору, місце і назва видавництва, рік випуску та кількість сторінок

[28]. Посилання мають базуватися на найновішому або найбільш повному виданні зазначених джерел.

Приклад оформлення бібліографічного опису посібника «Допуски і технічні вимірювання» показано на рисунку 2.4.

<b>Рекомендована література</b>
1. Основні положення: ДСТУ 1.0:2003. – [чинний від 2003-02-24]. – К. : Держпоживстандарт України, 2003. – 20 с. – (Національний стандарт України).
2. Стандартизація та сумісні види діяльності. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 1.1:2001. – [чинний від 2001-05-29]. – К. : Держпоживстандарт України, 2001. – 37 с. – (Державний стандарт України).
3. Правила побудови, викладення, оформлення, погодження, прийняття та позначення технічних умов: ДСТУ 1.3:2004. – [чинний від 2004-04-30]. – К. : Держпоживстандарт України, 2004. – 20 с. – (Національний стандарт України).
4. Метрологія. Терміни та визначення. Основні положення: ДСТУ2681-94 – [чинний від 1998-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1994. – 68 с. – (Державний стандарт України).
5. Метрологія. Метрологічне забезпечення. Основні положення: ДСТУ2682-94. – [чинний від 1995-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1994. - 68 с. – (Державний стандарт України).
6. Метрологія та вимірювальна техніка / [Дорожовець М.М., Ялук В.О., Ванько В.М., Бойко Т.Г.]; підруч. за ред. Є.С. Поліщука. – Львів : «Бескид Біт», 2003. – 544 с.
7. Основні положення та словник термінів. (ISO 9000:2005, IDT): ДСТУ ISO 9000:2007 [чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007, - 32 с. (Національний стандарт України)

Рисунок 2.4 – Фрагмент бібліографічного списку навчального посібника

Для зручності сприйняття і розуміння матеріалу в навчальному посібнику «Допуски і технічні вимірювання» використано умовні

позначення, які допомагають читачу орієнтуватися в різних типах інформації. Наприклад:

- завдання для самоконтролю позначені спеціальними іконками (рисунок 2.5 а), що дає можливість учням перевіряти свої знання на кожному етапі навчання.

- довідкова та пояснювальна інформація позначена окремо (рисунок 2.5 б), щоб учень міг швидко знайти додаткові пояснення або рекомендації щодо конкретних тем.

- визначення термінів і роз'яснення складних понять подано в спеціальних віконцях чи рамках (рисунок 2.5 в), що дозволяє ефективно ознайомлюватися з термінологією без необхідності переглядати основний текст посібника.

Ці елементи допомагають структурованому вивченню, даючи змогу швидше засвоювати теоретичні матеріали та практичні завдання.



а



б



в

Рисунок 2.5 – Умовні позначення посібника «Допуски і технічні вимірювання»

Основний текст посібника «Допуски і технічні вимірювання» оформлений шрифтом Times New Roman (11 пунктів), що забезпечує зручність читання і стандартну академічну форму. Для покращення сприйняття матеріалу, важливі терміни та основні поняття виділяються жирним шрифтом, що дозволяє учням швидко звертати увагу на ключові моменти та поняття.

Додатково, для привернення уваги до довідкової та пояснювальної інформації, використано кольорові лінії. Цей метод допомагає відокремити

додаткові відомості від основного матеріалу, покращуючи загальну навігацію та сприйняття тексту.

## 2.2 Обґрунтування додаткового і пояснювального тексту посібника

Службову функцію в структурній схемі посібника займає додатковий (навчальний матеріал призначений для підкріплення і поглиблення положень основного тексту) та пояснювальний тексти (довідковий апарат посібника).

Додатковий текст – це звернення до учнів, документально-хрестоматійні матеріали та матеріали необов'язкового

вивчення. Пояснювальний текст містить допоміжні елементи: примітки і роз'яснення, словники та ін.

В посібнику «Допуски і технічні вимірювання» використовується додатковий та пояснювальний текст, який подано у таблиці 2.1 в якій показано до яких дидактичних одиниць власне і відноситься даний текст.

Таблиця 2.1 Додатковий і пояснювальний текст посібника

Назва ДО	Тип матеріалу	Зміст матеріалу
1	2	3
Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції	пояснювальний	Взаємозамінність – це можливість складання незалежно виготовлених деталей у вузол, а вузлів в машину без додаткових операцій обробки і пригону. При цьому повинна забезпечуватися нормальна робота механізму.
Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції	пояснювальний	Комплекс науково-технічних вихідних положень, виконання яких при конструюванні, виробництві та експлуатації забезпечує взаємозамінність деталей, складальних одиниць і виробів називають принципом взаємозамінності.
Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції	додатковий	З історії розвитку взаємозамінності та стандартизації... Поняття взаємозамінності виникло в процесі переходу від ручного до машинного виробництва. Ручне виготовлення деталей передбачало індивідуальну підгонку кожної з них. Однак це було неефективно для виробництва великої кількості продукції. Ідея взаємозамінності полягала у створенні деталей із такими точними розмірами та формами, щоб вони могли бути використані в конструкціях без додаткової підгонки.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
		<p>Перші спроби реалізувати принцип взаємозамінності були здійснені у XVIII столітті у виробництві зброї. Наприклад, Онора Грібальді у Франції й Елі Вітні у США почали впроваджувати стандарти для виготовлення деталей рушниць. Це дозволило полегшити ремонт і значно пришвидшити виробництво зброї. Під час промислової революції у XIX столітті взаємозамінність стала невіддільною частиною масового виробництва. У цей період активно розвивалися верстатобудування та машинобудування, що вимагало високої точності виготовлення деталей.</p> <p>Стандартизація як системний процес розпочалася тоді, коли стало необхідно забезпечити однакові вимоги до якості, форми та розмірів деталей. Одним із перших прикладів стало введення стандартних кріпильних виробів – болтів і гайок. У 1841 році англійський інженер Джозеф Вітворт розробив систему стандартизованих різьб для кріплень, що стало важливим кроком у розвитку стандартизації.</p>
Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції	додатковий	Наприклад, в електродвигунах зовнішню взаємозамінність забезпечують по частоті обертання валу, потужності, а також по діаметру вала; в підшипниках кочення - по зовнішньому діаметру зовнішнього кільця і внутрішньому діаметру внутрішнього кільця, а також по точності обертання
Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції	додатковий	Наприклад, в підшипнику кочення внутрішню групову взаємозамінність мають тіла кочення і кільця
Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції	пояснювальний	Стандартизація - це планова діяльність щодо встановлення обов'язкових правил, норм і вимог, виконання яких підвищує якість продукції та продуктивність праці.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
<p>Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції</p> <p>Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції</p>	<p>пояснювальний</p>	<p>Найбільшою міжнародною організацією в галузі стандартизації є ІСО (до 1941 р. називалася ІСА, організована в 1926 р.). Вищим органом ІСО є Генеральна Асамблея, яка збирається раз на 3 роки, приймає рішення з найбільш важливих питань і обирає Президента організації. Організація складається з великої кількості клієнтів. У Статуті вказується основна мета ІСО - «сприяти сприятливому розвитку стандартизації у всьому світі для того, щоб полегшити міжнародний обмін товарами і розвивати взаємне співробітництво в різних областях діяльності.</p> <p>Стандарт - це нормативно - технічний документ, що встановлює вимоги до груп однорідної продукції і правила, що забезпечують її розробку, виробництво і застосування.</p>
<p>Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції</p>	<p>пояснювальний</p>	<p>Технічні умови (ТУ) - нормативно-технічний документ, що встановлює вимоги до конкретних виробів, матеріалу, їх виготовлення і контролю.</p>
<p>Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції</p>	<p>пояснювальний</p>	<p>Орган стандартизації - орган, що займається стандартизацією, визнаний на національному, регіональному або міжнародному рівні, основними функціями якого є розробка, схвалення або затвердження стандартів.</p>
<p>Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції</p>	<p>пояснювальний</p>	<p>Об'єкти стандартизації - продукція, процеси і послуги, матеріали, складові частини, освіта, процедури, функції, методи, діяльність і т.д.</p>
<p>Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції</p>	<p>пояснювальний</p>	<p>Якість продукції – сукупність властивостей продукції, що обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби відповідно до її призначення.</p>
<p>Загальні відомості про розміри</p>	<p>пояснювальний</p>	<p>Розмір – числове значення лінійної величини у вибраних одиницях виміру</p>
<p>Загальні відомості про розміри</p>	<p>пояснювальний</p>	<p>Отвір – це термін, призначений для позначення внутрішніх (що охоплюють) елементів деталей.</p>

## Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Загальні відомості про розміри	пояснювальний	Вал – це термін, призначений для позначення зовнішніх (охоплюваних) елементів деталей.
Загальні відомості про розміри	пояснювальний	Розмір, що приймається в процесі проектування і проставляється на кресленні деталі або з'єднання називається номінальним розміром.
Загальні відомості про розміри	пояснювальний	Дійсний розмір – розмір, установлений виміром з допустимою похибкою.
Загальні відомості про розміри Загальні відомості про розміри	пояснювальний пояснювальний	Відхилення (E, e) – алгебраїчна різниця між розміром (дійсним, граничним) і відповідним номінальним розміром. Верхнє відхилення (ES, es) – алгебраїчна різниця між найбільшим граничним і номінальним розмірами. Нижня відхилення (EI, ei) – алгебраїчна різниця між найменшим граничним і номінальним розмірами.
Загальні відомості про розміри	пояснювальний	Допуском (TD - отвору, Td - вала) називають різницю між найбільшим і найменшим граничними розмірами або абсолютну величину алгебраїчної різниці верхнього і нижнього відхилень.
Поняття про з'єднання. Зазор. Натяг. Посадки.	пояснювальний	Характер з'єднання двох деталей, який визначається величиною зазорів і натягів у ньому називається посадкою.
Поняття про з'єднання. Зазор. Натяг. Посадки.	пояснювальний	Посадка з зазором – посадка, за якою завжди утворюється зазор у з'єднанні за умови, що розмір отвору більший від розміру вала.
Поняття про з'єднання. Зазор. Натяг. Посадки.	пояснювальний	Зазор – різниця розмірів отвору і вала до складання, якщо розмір отвору більший від розміру вала.
Поняття про з'єднання. Зазор. Натяг. Посадки.	пояснювальний	Посадка з натягом – посадка, за якою завжди забезпечується натяг у з'єднанні за умови, що розмір вала більший від розміру отвору до складання.
Поняття про з'єднання. Зазор. Натяг. Посадки.	пояснювальний	Натяг – різниця розмірів вала і отвору до складання, якщо розмір вала більший від розміру отвору.
Поняття про з'єднання. Зазор. Натяг. Посадки.	пояснювальний	Перехідна посадка – посадка, за якою в з'єднанні можливе отримання, як зазору, так і натягу в залежності від дійсних розмірів отвору і вала.
Система допусків і посадок	пояснювальний	Системою допусків і посадок називається сукупність рядів допусків і посадок, закономірно побудованих на основі досвіду, теоретичних і експериментальних досліджень і оформлених у вигляді стандартів.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Система допусків і посадок	пояснювальний	Системою отвору (СО) називають сукупність посадок, при яких для заданого номінального розміру розташування поля допуску отвору залишається незмінним, а характер з'єднання деталей міняється за рахунок зміни розташування поля допуску вала.
Система допусків і посадок	пояснювальний	Системою вала (СВ) називають сукупність посадок, при яких для заданого номінального розміру розташування поля допуску вала залишається незмінним, а характер з'єднання деталей змінюється за рахунок зміни розташування поля допуску отвору.
Система допусків і посадок	додатковий	<p>Розглянемо приклад з'єднання трьох деталей</p>  <p>1 – вісь, 2 – вилка, 3 – тяга;  а) вузол у зборі;  б) розташування полів допусків при застосуванні системи отвору;  в) розташування полів допусків при застосуванні системи вала</p> <p>У з'єднанні осі 1 з тягою 3 має бути посадка з зазором, а в з'єднанні осі 1 з вилкою 2 – з натягом. При виборі системи отвору всі три отвори будуть виконані однаково, а для забезпечення різних посадок у з'єднаннях осі з вилкою і осі з тягою, вісь доведеться робити ступінчастою, що є нетехнологічним. Прийнятнішим у цьому випадку буде застосування системи вала</p> <p>Квалітет – сукупність допусків, яка характеризується постійною відносною точністю (<math>T_D/D = \text{const}</math>) для всіх номінальних розмірів даного діапазону.</p>
Система допусків і посадок	пояснювальний	Одиниця допуску – одиниця точності, що виражає залежність допуску від номінального розміру.

## Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Класифікація відхилень геометричних параметрів деталей	пояснювальний	<p>Номінальна форма – ідеальна форма, задана кресленням або іншими технічними документами.</p> <p>Номінальна поверхня – ідеальна поверхня, розміри та форма якої відповідають заданим номінальним розмірам і номінальній формі.</p> <p>Реальна (дійсна) поверхня – поверхня, яка обмежує тіло та відділяє його від навколишнього середовища. Вони отримуються під час обробки або експлуатації машин.</p>
Класифікація відхилень геометричних параметрів деталей	пояснювальний	<p>Базова поверхня – поверхня, яка має форму номінальної поверхні і служить основою для оцінювання відхилень форми реальної форми або реального профілю.</p>
Класифікація відхилень геометричних параметрів деталей  Відхилення форми циліндричних і плоских поверхонь	пояснювальний	<p>Прилегла поверхня – поверхня, що має форму номінальної поверхні, стикається з реальною поверхнею і розташована поза матеріалом деталі так, щоб відхилення від неї найбільш віддаленої точки реальної поверхні в межах нормованої ділянки мало мінімальне значення.</p> <p>Відхиленням форми поверхні або профілю називають відхилення форми реальної поверхні (реального профілю) від номінальної поверхні (номінального профілю).</p>
Відхилення і допуски розташування поверхонь	пояснювальний	<p>Відхиленням розташування називають відхилення від номінального розташування розглядуваної поверхні, її осі або площини симетрії відносно баз або відхилення від номінального розташування поверхонь.</p>
Відхилення і допуски розташування поверхонь	пояснювальний	<p>Номінальне розташування – розташування елемента (поверхні чи профілю), яке визначається номінальними лінійними та кутовими розмірами між ними і базами або між розглядуваними елементами, якщо бази не задані.</p> <p>Реальне розташування – розташування елемента (поверхні чи профілю), яке визначається дійсними лінійними та кутовими розмірами між ним і базами або між розглядуваними елементами, якщо бази не задані.</p> <p>База – елемент деталі або сполучення елементів, що виконує ту ж функцію, відносно якого задається допуск розташування чи сумарний допуск форми і розташування, а також визначається відповідне відхилення розглядуваного елемента.</p> <p>Полею допуску розташування називають зону в просторі чи заданій площині, усередині якої повинні міститися прилеглі площина або поверхня, вісь, центр або площина симетрії розглядуваного елемента в межах нормованої ділянки.</p>

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Шорсткість поверхонь	пояснювальний	Сукупність мікронерівностей обробленої поверхні, що утворюють її рельєф, називають шорсткістю поверхні.
Поняття про метрологію	пояснювальний	Під вимірювальною технікою в широкому значенні цих слів розуміють як усі технічні засоби, за допомогою яких виконують вимірювання, так і техніку проведення вимірювань.
Поняття про метрологію	пояснювальний	Метрологія являє собою науку про вимірювання, про методи і засоби, забезпечення їх однаковості, про способи досягнення потрібної точності.
Поняття про метрологію  Поняття про метрологію	пояснювальний  додатковий	<p>Вимірювання — це знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Вимірюванням ще називають пізнавальний процес, у якому спеціальним засобом є величина об'єкта вимірювання.</p> <p>Вимірювання - одне з найбільш стародавніх занять у пізнавальній діяльності людини. Його виникнення відноситься до початку матеріальної культури людства.</p> <p>Здавна людям досить часто доводилося мати справу з різними вимірюваннями: при будівництві споруд, при визначенні напрямку руху по морю з використанням астрономії, у торгівлі, при визначенні пропорцій людського тіла. У стародавні часи частини людського тіла використовувалися для вимірювання довжини: ширина великого пальця - дюйм, ширина долоні - пальма, довжина стопи - фут, відстань від ліктя до кінця середнього пальця - лікоть та ін.</p> <p>В Англії ще в XVII ст. було прийнято одиницю міри довжини - фут (нога, стопа), яка дорівнювала 30,5 см. Болільники футболу знають, що розміри футбольних воріт становлять 7,22 x 2,44 м або ж 24 x 8 футів, оскільки Англія є батьківщиною футболу.</p> <p>Різні народи нашої планети перебували на неоднакових стадіях розвитку, тому міри довжини в них були різноманітні. Досить пригадати, що у XVII ст. у Європі налічувалося понад 100 різних футів, понад 120 фунтів, 46 миль та інших одиниць виміру.</p> <p>У Київській Русі найпоширенішими мірами довжини були: верста, сажень, лікоть, аршин, ступня, долоня, вершок, палець; мірами ваги - пуд, гривня, гривенка, золотник, почка, пиріг тощо</p>
Поняття про метрологію	пояснювальний	Засоби вимірювання – це пристрої, здатні у процесі вимірювання виявити числове значення величини вимірюваного розміру.
Поняття про метрологію	пояснювальний	Міри – це засоби вимірювання, речовинно відтворюючі фізичну величину заданого розміру.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Поняття про метрологію	пояснювальний	Наприклад, плоскопаралельна міра довжини 10 мм (рисунок 4.3) відтворює один лінійний розмір між її площинами, що дорівнює 10 мм; кутова міра — кутова плитка 15° (рисунок 4.4) відтворює один кутовий розмір між площинами, який становить 15°.
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний	Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої – це засоби вимірювання, здатні виробляти показання – числову вимірювальну інформацію – у формі, доступній для безпосереднього сприйняття спостерігачем. Ці показання виробляються у прийнятих одиницях вимірювання.
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої  Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний  пояснювальний	Основа вимірювального засобу – це конструктивний елемент, на базі якого змонтовано всі елементи даного діючого засобу вимірювання.  Сприймальний елемент – це частина засобу вимірювання, яка здійснює його зіткнення з об'єктом вимірювання і сприймає величину цього об'єкта, наприклад, вимірювальні губки штангенциркуля, вимірювальний наконечник індикатора (рисунок 4.24). Частина сприймального елемента, яка безпосередньо торкається поверхні об'єкта, іноді називають чутливим елементом (рисунок 4.25).
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний	Розмірний елемент – це одна із деталей засобу вимірювання, яка має власний точний, зазвичай багатозначний, розмір, із величиною якого у процесі вимірювання безпосередньо зіставляється сприйнята засобом вимірювання величина об'єкта вимірювання (наприклад штанга зі шкалою штангенциркуля).
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний	Перетворювальний пристрій – це внутрішній механізм або елемент засобу вимірювання, який перетворює (видозмінює) малі пересування, сприйняті від об'єкта вимірювання, у великі пересування на відліковому пристрої так, що ці великі пересування виконувач може безпосередньо спостерігати і відлічувати (наприклад зубчаста передача в індикаторі годинникового типу).
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний	Відліковий пристрій створює можливість відлічувати показання засобу вимірювання, у більшості випадків відлікові пристрої мають шкалу і покажчик, яким служить окремий штрих, група штрихів або стрілка.
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний	Шкала – це ряд позначок (штрихів або точок) і проставлених біля них чисел, положення і значення яких відповідає ряду послідовних розмірів.

## Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний	Довжина (інтервал) поділки шкали – відстань між серединами (осями) двох сусідніх позначок шкали, найпоширеніші інтервали – 0,5 і 1 мм.
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний	Ціна поділки шкали – це різниця значень величин, відповідних двом сусіднім позначкам шкали. Іншими словами, це величина пересування сприймального пристрою засобу вимірювання, яке викликає пересування покажчика на одну поділку шкали. Найпоширеніші ціни поділок – 0,1; 0,2; 0,5 мкм; 1; 2; 5 мкм; 0,01; 1 мм.
Вимірювальні пристрої	пояснювальний	Показання засобу вимірювання – це значення величини, визначене за відліковим пристроєм після вимірювання заданого об'єкта. Показання завжди складається з добутку числа поділок шкали і відліку і ціни поділки даної шкали.
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний	Діапазон показань – це область значень вимірюваного розміру, які можуть бути відлічені за даною шкалою.
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний	Границі вимірювань даним засобом вимірювання – найбільший і найменший розміри, які можуть бути виміряні з нормованою точністю.
Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	пояснювальний	Діапазон вимірювань даним засобом вимірювання – це область, у якій розташовані вимірювані розміри.
Похибки вимірювань	пояснювальний	Похибка вимірювання – це відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірювальної величини.

Кінець таблиці 2.1

Приклад подання додаткового і пояснювального тексту в навчальному посібнику «Допуски і технічні вимірювання» показано на рисунках 2.6 та 2.7.



Вимірювання - одне з найбільш стародавніх занять у пізнавальній діяльності людини. Його виникнення відноситься до початку матеріальної культури людства.

Здавна людям досить часто доводилося мати справу з різними вимірюваннями: при будівництві споруд, при визначенні напрямку руху по морю з використанням астрономії, у торгівлі, при визначенні пропорцій людського тіла. У стародавні часи частини людського тіла використовувалися для вимірювання довжини: ширина великого пальця - дюйм, ширина долоні - палема, довжина стопи - фут, відстань від ліктя до кінця середнього пальця - лікоть та ін.

В Англії ще в XVII ст. було прийнято одиницю міри довжини - фут (нога, стопа), яка дорівнювала 30,5 см. Болільники футболу знають, що розміри футбольних воріт становлять 7,22 x 2,44 м або ж 24 x 8 футів, оскільки Англія є батьківщиною футболу.

Різні народи нашої планети перебували на неоднакових стадіях розвитку, тому міри довжини в них були різноманітні. Досить пригадати, що у XVII ст. у Європі налічувалося понад 100 різних футів, понад 120 фунтів, 46 миль та інших одиниць виміру.

У Київській Русі найпоширенішими мірами довжини були: верста, сажень, лікоть, аршин, ступня, долоня, вершок, палець; мірами ваги - пуд, гривня, гривенка, золотник, почка, пиріг тощо

Рисунок 2.6 – Приклад додаткового тексту



**Номінальна форма** – ідеальна форма, задана кресленням або іншими технічними документами.

**Номінальна поверхня** – ідеальна поверхня, розміри та форма якої відповідають заданим номінальним розмірам і номінальній формі.

**Реальна (дійсна) поверхня** – поверхня, яка обмежує тіло та відділяє його від навколишнього середовища. Вони отримуються під час обробки або експлуатації машин.

Рисунок 2.7 – Приклад пояснювального тексту

Отже, використання пояснювального та додаткового текстів, як додатково-супровідного апарату для основного тексту навчального посібника, суттєво доповнює та пояснює важливі аспекти знань, а при відсутності цього апарату знання можуть втратити важливу інформативність, що в свою чергу, призведе до суттєвого зниження навчальної цінності основного тексту.

### 2.3 Система навчальних завдань посібника

Питання та вправи в навчальному посібнику спрямовані на розвиток самостійної роботи учнів з матеріалом, а також забезпечення контролю рівня засвоєння знань. Контрольні завдання, розміщені наприкінці кожного розділу, допомагають учням не лише закріпити теоретичний матеріал, але й сприяють розвитку їх логічного й аналітичного мислення.

Якісно сформульовані запитання та завдання гарантують можливість застосування отриманих знань на практиці. Для виконання завдань рекомендується використовувати сучасну обчислювальну техніку, аудіовізуальні засоби навчання, а також забезпечити доступ до нормативної та довідкової літератури.

У навчальному процесі виділяють кілька типів запитань залежно від мети їх використання: уточнювальні, доповнювальні, прості, складні, проблемні та інформаційні [12].

- уточнювальні запитання забезпечують перевірку базової інформації про об'єкт чи явище та мають дві можливі відповіді – «так» або «ні»;
- доповнювальні запитання передбачають отримання додаткової інформації, що залежить від контексту;
- просте запитання складається лише з одного запитального речення, тоді як складне запитання об'єднує декілька запитань;
- проблемні запитання формують проблему, відповідь на яку потребує глибокого осмислення і часто не є однозначною;
- інформаційні запити спрямовані на отримання чіткої та точної інформації про предмет.


Запитання повинні бути сформульовані з урахуванням законів логіки, мати точне предметне значення, синтаксичну коректність та базуватися на достовірних передумовах.

У запропонованому навчальному посібнику до кожного розділу додаються питання для самоконтролю, які створюють апарат організації засвоєння матеріалу, допомагаючи учням самостійно оцінити свої знання.

Наприклад до розділу «Допуски і технічні вимірювання» учням пропонується відповісти на запитання, показані на рисунку 2.8.

У навчальному посібнику, окрім завдань для самоконтролю, пропонуються також тестові завдання для самооцінювання. Ці завдання допомагають учням перевірити свої знання та оцінити ступінь засвоєння матеріалу.

Одним із найпоширеніших видів тестових завдань є завдання закритої форми, де учень обирає правильну відповідь із запропонованого переліку.



**Питання та завдання для самоконтролю:**

1. Що називається номінальною, реальною, базовою і прилеглою поверхнями?
2. Назвіть порядки відхилень геометричних параметрів.
3. Які показники характеризують відхилення форми циліндричних поверхонь в поздовжньому перерізі?
4. Які показники характеризують відхилення форми циліндричних поверхонь в поперечному перерізі?
5. Які показники характеризують відхилення форми плоских поверхонь?
6. Наведіть приклади відхилення розташування поверхонь.
7. Як позначаються на кресленнях допуски форми та розташування поверхонь деталей? Наведіть приклади.
8. Назвіть основні параметри шорсткості поверхонь.
9. Як позначаються параметри шорсткості поверхонь на кресленні?

Рисунок 2.8 – Зразок питань для самоконтролю посібника «Допуски і технічні вимірювання»

Для таких завдань висуваються певні вимоги:

- завдання повинно містити чітке формулювання проблеми (основна частина) та перелік можливих відповідей;
- у більшості випадків серед варіантів відповідей є лише одна правильна, хоча допускаються завдання з кількома правильними відповідями;
- загальна кількість варіантів відповіді зазвичай не перевищує п'яти;
- формулювання має бути однозначним, без двозначності або нечіткості;
- основна частина завдання повинна бути максимально інформативною, залишаючи у варіантах відповіді лише ключові слова;
- місце розташування правильної відповіді в переліку варіантів має змінюватися або визначатися випадковим чином;
- у переліку неправильних відповідей варто уникати варіантів, що можуть взаємно виключати один одного;
- такі тестові завдання сприяють формуванню навичок аналітичного мислення, допомагають оцінити глибину розуміння матеріалу та дозволяють учням ідентифікувати прогалини у знаннях [12].

Завдання закритої форми мають як переваги, і недоліки. Їх переваги пов'язані зі швидкістю тестування та з простотою підрахунку балів. Серед недоліків зазвичай відзначають ефект вгадування, характерний слабо підготовлених учнів при відповідях найбільш важкі завдання теста [12].

Завдання закритої форми супроводжуються інструкцією.

Завдання відкритої форми вимагають від учня самостійного формулювання відповіді, наприклад, доповнення речення пропущеним словом, формулою або числом. Такі завдання мають бути сформульовані чітко, без двозначності, і, за потреби, включати одиниці вимірювання після пропуску. Прочерки у таких завданнях мають бути однакової довжини, а складні синтаксичні конструкції спрощені. Рекомендована інструкція: «Доповніть».

Завдання на встановлення відповідності потребують від учня зіставлення елементів двох множин. Ліва частина завдання містить початкові елементи, а права — варіанти для вибору. Кількість елементів у правій частині може перевищувати кількість елементів у лівій, що ускладнює завдання. Основною складністю є підбір правдоподібних, але хибних варіантів. Рекомендована інструкція: «Встановіть відповідність».

Завдання на встановлення правильної послідовності передбачають, що учень визначить порядок дій чи процесів. Дії подаються у довільному порядку, а учень має правильно їх упорядкувати, вказуючи послідовність за допомогою цифр. Рекомендована інструкція: «Встановіть правильну послідовність». Такі завдання особливо корисні для перевірки професійної підготовки, оскільки оцінюють практичні навички.

Форма тестових завдань визначається специфікою дисципліни, а також творчим підходом і досвідом викладача. Кожен вид завдання має свої переваги й адаптується до мети навчання та рівня учнів [12].

Приклади розроблених тестових завдань навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання» подано на рисунку 2.9.

## ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

- 1 **Що таке номінальний розмір?**
  - а) Розмір, отриманий після вимірювання
  - б) Розмір, указаний на кресленні
  - в) Найбільший можливий розмір деталі
  - г) Допустиме відхилення від ідеального розміру
  
- 2 **Що таке граничний розмір?**
  - а) Будь-який розмір, більший за номінальний
  - б) Найбільший або найменший допустимий розмір деталі
  - в) Розмір деталі після обробки
  - г) Середнє арифметичне між мінімальним і максимальним розмірами
  
- 3 **Як називається різниця між граничними розмірами?**
  - а) Поле допуску
  - б) Відхилення
  - в) Квалітет
  - г) Номінальний розмір
  
- 4 **Що означає основне відхилення?**
  - а) Відхилення, що визначає розташування поля допуску відносно номінального розміру
  - б) Максимально допустимий розмір
  - в) Розмір, отриманий у процесі виробництва
  - г) Відхилення форми
  
- 5 **Що таке квалітет у машинобудуванні?**
  - а) Клас точності деталей
  - б) Допуск розміру для конкретного з'єднання
  - в) Позначення шорсткості поверхні
  - г) Стандарт на відхилення
  
- 6 **Який метод вимірювання використовується для контролю розмірів деталей?**
  - а) Контактний і безконтактний
  - б) Тільки оптичний
  - в) Тільки ультразвуковий
  - г) Лише механічний

Рисунок 2.9 – Приклади тестових завдань навчального посібника  
«Допуски і технічні вимірювання»

Отже розроблені засоби для самоконтролю засвоєння навчального матеріалу посібника, які включають питання для самоконтролю та тестові завдання, дозволяють забезпечити більш ефективне опрацювання учнями навчального матеріалу у процесі самостійної роботи.

## 2.4 Оцінювання якості спроектованого посібника

Оцінювання якості навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання» здійснювалося за допомогою анкетування, яке є одним із найефективніших методів збору даних. Анкетування допомогло зібрати інформацію щодо сприйняття, зрозумілості та корисності посібника від респондентів – учнів та вчителів.

Проведення анкетування відбувалося у кілька етапів. Спершу було визначено мету – отримати оцінку якості посібника, виявити його сильні сторони та аспекти, що потребують покращення. Після цього була розроблена анкета, що містила як закриті питання для швидкого збору статистичних даних, так і відкриті питання для отримання детальних пропозицій і зауважень.

У процесі анкетування респондентам було запропоновано оцінити посібник за основними критеріями:

- 1 Зрозумілість викладу матеріалу – наскільки доступно і логічно викладено навчальний контент.
- 2 Науковість та точність інформації – відповідність змісту сучасним вимогам науки і техніки.
- 3 Зручність структури – наявність логічної послідовності, розподілу на розділи, теми та підрозділи.
- 4 Візуалізація матеріалу – ефективність використання схем, рисунків, таблиць і діаграм для полегшення сприйняття.
- 5 Практична спрямованість – корисність матеріалу для застосування на практиці, зокрема для виконання завдань і роботи з контрольними вимірювальними інструментами.

6 Завдання для самоконтролю та тестові завдання – ефективність завдань для перевірки знань та їх мотиваційна функція.

7 Дизайн та оформлення – естетична привабливість, використання шрифтів, кольорових елементів, умовних позначень для покращення читабельності.

Анкетування проводилося серед представників цільової аудиторії – учнів 10-11 класів, які вивчають тему «Допуски і технічні вимірювання», а також викладачів відповідних дисциплін. Після збору анкет було проведено аналіз відповідей. Статистичний аналіз закритих питань дозволив оцінити загальну якість посібника за вказаними критеріями, а відповіді на відкриті питання надали цінні пропозиції для вдосконалення його структури та змісту.

Результати анкетування стали основою для висновків щодо ефективності посібника та окреслення подальших напрямів його доопрацювання.

Зразок анкети подано в додатку В.

Анкетування проводилося серед вчителів та учнів Чемеровецького ліцею №1 Чемеровецької селищної ради Хмельницької області. В опитуванні взяло участь 18 респондентів. Нижче подано узагальнені результати відповідей на питання анкети:

1 Зрозумілість викладу матеріалу:

- 70% респондентів оцінили зрозумілість викладу на 4-5 балів;
- 20% поставили 3 бали, вказуючи на складність окремих визначень.

визначень.

2 Науковість та точність інформації:

- 80% учасників відзначили високий та дуже високий рівень науковості матеріалу;
- 10% вважають, що необхідно додати більше прикладів з реальної практики.

3 Логічна структура матеріалу:

- 75% респондентів позитивно оцінили логічність структури (4-5 балів);
- 15% вказали на потребу покращення зв'язків між розділами.

#### 4 Використання наочних матеріалів:

- 85% учнів відзначили, що схем та рисунків достатньо для розуміння матеріалу;
- 10% запропонували додати більше графічних прикладів складних концепцій.

#### 5 Практична спрямованість:

- 65% оцінили посібник як практично корисний (4-5 балів);
- 20% вважають, що слід додати більше завдань для застосування теоретичних знань на практиці.

#### 6 Завдання для самоконтролю:

- 70% респондентів визнали завдання ефективними для перевірки знань;
- 15% зазначили, що тестові завдання можна розширити для різних рівнів складності.

#### 7 Дизайн та оформлення:

- 80% учасників позитивно оцінили шрифт, кольорові елементи та загальне оформлення;
- 10% запропонували використати більш контрастні кольори для ключових понять.

8 Покращення: респонденти вказали на необхідність додавання більшої кількості прикладів і практичних завдань у розділі про шорсткість поверхні та види посадок.

#### 9 Найсильніші сторони посібника:

- чітка структура викладення матеріалу;
- наявність наочних прикладів, схем і графіків;
- практична спрямованість та завдання для самоконтролю.

10 Загальні пропозиції: більшість респондентів запропонували додати інтерактивні вправи або онлайн-додатки до посібника для кращого опанування матеріалу.

Результати анкетування підтвердили, що навчальний посібник «Допуски і технічні вимірювання» відповідає основним дидактичним вимогам і є ефективним для навчання учнів 10-11 класів. Отримані пропозиції будуть враховані під час його подальшого вдосконалення.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі «Дидактичне проектування навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання» для уроків технологій профільного рівня за спеціалізацією «Металообробка»» було розглянуто та вирішено низку завдань, спрямованих на створення якісного навчального ресурсу для учнів 10-11 класів, які навчаються за профілем «Металообробка».

У процесі дослідження було визначено очікувані результати навчання з теми «Допуски і технічні вимірювання». З урахуванням поставлених навчальних цілей, проведено аналіз, добір і структуризацію навчального матеріалу, що включає теоретичні, емпіричні та практичні компоненти. Інформаційне поле теми було розподілено на чотирнадцять дидактичних одиниць, які стали основними структурними елементами посібника. За допомогою графоаналітичного методу було визначено зв'язки між дидактичними одиницями та побудовано структурно-сміслову модель навчального матеріалу, що дозволило забезпечити логічну послідовність його викладу..

Дослідження підтвердило, що навчальний посібник є важливим засобом навчання, який забезпечує систематичну передачу знань та формування навичок у здобувачів освіти. Були розглянуті вимоги до структури, змісту та оформлення навчальних посібників, а також їх функції: навчальна, виховна, розвивальна та методична. Методичний апарат посібника включає запитання для самоконтролю, тестові завдання різних форм (закритої, відкритої, на встановлення відповідності та послідовності), практичні завдання та вправи. Вони сприяють закріпленню знань, формуванню умінь та навичок, а також розвитку критичного та логічного мислення учнів. Для підвищення наочності та зрозумілості навчального

матеріалу було використано різні типи ілюстрацій: схеми, діаграми, таблиці та рисунки, що пояснюють складні технічні поняття й процеси.

З метою визначення ефективності та якості навчального посібника було проведено анкетування серед фахівців і потенційних користувачів. Отримані результати показали позитивну оцінку змісту, доступності викладу матеріалу, структурної організації та методичного апарату посібника.

Таким чином, результати дипломної роботи підтвердили доцільність і необхідність створення навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання». Посібник відповідає сучасним вимогам до навчально-методичних матеріалів та сприяє підвищенню рівня професійної підготовки учнів, які навчаються за профілем «Металообробка». Розроблений ресурс може ефективно використовуватися в навчальному процесі закладів загальної середньої освіти для формування необхідних теоретичних знань і практичних умінь учнів.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1 Антоненко І. І. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань : навчальний посібник / І. І. Антоненко, А. С. Солоха. – Кривий Ріг : КДПУ, 2016. – 40 с.
- 2 Артюх С. Ф. Педагогічні аспекти викладання інженерних дисциплін. Посібник для викладачів / Артюх С. Ф., Коваленко О. Е., Белова О. К, Ізюмська Г. В., Белікова В. В – Харків: УПА, 2001. – 210 с.
- 3 Белова О. К. Методика професійного навчання. Практикум з дидактичного проектування. / О. К. Белова - Харків: УПА, 2000. - 36 с.
- 4 Бойко Т. Г. Основи стандартизації / Т. Г. Бойко – Львів : Львівська політехніка, 2004. – 250 с.
- 5 Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Практикум : підруч. для студ. вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко, Полянський П.М.; за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шебаніна. – Миколаїв : МНАУ, 2016. – 428 с.
- 6 Гончаренко С. У. Український педагогічний енциклопедичний словник. Видання друге, доповнене й виправлене / С. У. Гончаренко. – Рівне : Волинські обереги, 2011. – 552 с
- 7 Ємчик Л. Дидактичні підходи до структурування змісту підручника для професійної школи / Л. Ємчик // Педагогіка і психологія професійної освіти. – 2013. – № 6. – С. 104–110. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pippo\\_2013\\_6\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pippo_2013_6_11)
- 8 Загальні вимоги до змісту та оформлення навчальних посібників та навчально-методичної літератури : методичні рекомендації для

викладачів на основі чинних нормативних документів / [уклад. Л. О. Котлова]; – Житомир, 2014. – 56 с.

9 Коношевський Л. Л., Гуревич Р. С. Особливості професійної Smart-технології як засіб підвищення якості освіти. Смарт-освіта: досвід, реалії, перспективи: Монографія, Вінниця. 2019. – 220 с.

10 Мартинюк А., Губіна А. Структурування змісту навчального матеріалу студентами технічного вузу. // Наукові записки Національного університету «Острозька академія»: Серія «Філологія», 2018, 2(69), - С.10–13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://journals.oa.edu.ua/Philology/article/view/1639> (дата звернення: 12.11.24).

11 Мартинюк А. Проблема структурування знань та її значення в навчальному процесі. // Вісник Львів. ун-ту. 2008. № 24. С. 28–37.

12 Методичні рекомендації зі складання тестових завдань / В.П. Сергієнко, Л.О. Кухар. – К., НПУ, 2011. – 41 с.

13 Методичні рекомендації щодо структури, змісту та обсягів підручників і навчальних посібників для вищих навчальних закладів [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0006290-05#Text> (дата звернення: 24.11.24).

14 Метрологія та вимірювальна техніка / [Дорожовець М. М., Яцук В. О., Ванько В. М., Бойко Т. Г.]; підруч. за ред. Є.С. Поліщука. – Львів : «Бескид Біт», 2003. – 544 с.

15 Метрологія. Метрологічне забезпечення. Основні положення: ДСТУ2682-94. – [чинний від 1995-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1994. – 68 с. – (Державний стандарт України).

16 Метрологія. Терміни та визначення. Основні положення: ДСТУ2681-94 – [чинний від 1998-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1994. – 68 с. – (Державний стандарт України).

17 Міжнародна організація зі стандартизації ISO. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iso.org> (дата звернення: 21.11.24).

18 Нежива, О. М. (2021). SMART – освіта у навчальному просторі сьогодення. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, (194), 37-40. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-194-37-40>

19 Основні положення та словник термінів. (ISO 9000:2005,IDT): ДСТУ ISO 9000:2007 [чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України. 2007, - 32 с. (Національний стандарт України)

20 Основні положення: ДСТУ 1.0:2003. – [чинний від 2003-02-24]. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 20 с. – (Національний стандарт України).

21 Перегудова В. І. Метрологія, основи стандартизації та керування якістю : навч. посіб. / В. І. Перегудова. – Бердянск : БДПУ, 2013. – 195 с.

22 Правила побудови, викладення, оформлення, погодження, прийняття та позначення технічних умов: ДСТУ 1.3:2004. – [чинний від

2004-04-30]. – К. : Держпоживстандарт України, 2004. – 20 с. – (Національний стандарт України).

23 Проблеми сучасного підручника: Зб. наук. праць. / Ред. кол. – К.: Педагогічна думка, 2010. – Вип. 10. – 780 с., табл., іл.

24 Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-. VIII. Голос України. 2017. 27 верес. (№ 178-179). С. 10–. 22.

25 Професійне становлення особистості: проблеми і перспективи: матеріали доп. XII міжнар. наук.-практ. конф. (м. Хмельницький, 19–20 жовт. 2023 р.) / ред. кол.: Н. Г. Ничкало, В. О. Радкевич, І. В. Андрощук [та ін.]. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 399 с.

26 Сарієнко В.В. Структурування знань як необхідна умова навчання учнів творчій пізнавальній діяльності / В.В. Сарієнко // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 17. Теорія і практика навчання та виховання. – Вип. 15: збірник наукових праць. – К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2010. – С. 150-157

27 Стандартизація та сумісні види діяльності. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 1.1:2001. – [чинний від 2001-05-29]. –

К. : Держпоживстандарт України, 2001. – 37 с. – (Державний стандарт України).

28 Структурування навчального матеріалу інженерних дисциплін / С. Ф. Артюх, В. М. Приходько, С. А. Капленко, А. Т. Ашерев, І. В. Федотов. – Харків : УПА, 2002. – 30 с.

29 Текстові документи. Загальні вимоги. СОУ 207.01:2017 / Ю.М. Бойко, Г.В. Красильникова, Л.І. Першина, Т.Ф. Косянчук. – 2-ге вид., виправлене. – Хмельницький : ХНУ, 2018. – 45 с.

30 Технології. Профільний рівень. 10–11 класи. Спеціалізація: металообробка: навчальна програма для закладів загальної середньої освіти. – Київ, 2017. – 26 с.

31 Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / М. А. Сологуб, І.О. Рожнецький, О.І. Некоз та ін.; За ред. М.А. Сологуба. – 2-ге вид., перероб. і допов. – К.: Вища шк., 2002. – 374 с.: іл.

32 Чернилевский Д. В., Філатов О. К. Технологія навчання у вищій школі. Учбове видання / Під ред. Д. В. Чернилевського. — К.: Експедитор, 2006. – 288 с.

33 Шаповал М. І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації : підручник / М. І. Шаповал. – [3-тє вид.] – Київ : Видавництво Європ. Ун-ту, 2001. – 174 с.

34 Ягупов В. В. Педагогіка : навч. посіб. / В. В. Ягупов. – К. : Либідь, 2003. – 560 с.

35 Яценко В. Практичні рекомендації щодо структурування методичного апарату навчального видання для інтегрованих курсів природничих наук. // Проблеми сучасного підручника. – 2022. – №28. – С. 212–219.

ДОДАТОК А  
(обов'язковий)

Зміст дидактичних одиниць основного тексту навчального посібника  
«Допуски і технічні вимірювання»

Таблиця А.1 – Дидактичні одиниці навчального матеріалу з розділу  
«Допуски і технічні вимірювання»

Номер ДО	Назва дидактичної одиниці	Зміст дидактичної одиниці
1	2	3
ДО1	Основні поняття про взаємозамінність, стандартизацію та якість продукції	<p>Сучасне машинобудування характеризується:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- безперервним збільшенням потужностей і продуктивності машин;</li> <li>- постійним удосконаленням конструкцій машин та інших виробів;</li> <li>- підвищенням вимог до точності виготовлення машин;</li> <li>- зростанням механізації та автоматизації виробництва.</li> </ul> <p>Для успішного розвитку машинобудування за цими напрямками велике значення має організація виробництва машин та інших виробів на основі взаємозамінності та стандартизації.</p> <p>Для забезпечення взаємозамінності деталей і складальних одиниць вони повинні бути виготовлені із заданою точністю, тобто так, щоб їх розміри, форма поверхонь та інші параметри знаходилися в межах заданих при проектуванні виробу.</p> <p>Розрізняють повну та неповну взаємозамінність деталей, що збираються в складальні одиниці.</p> <p>Повна взаємозамінність забезпечує можливість безпригонного складання (або заміни при ремонті) будь-яких незалежно виготовлених із заданою точністю однотипних деталей в складальну одиницю.</p> <p>Обмежено взаємозамінними називаються такі деталі, при складанні або зміні яких може знадобитися груповий підбір деталей (селективне складання), застосування компенсаторів, регулювання положення деталей, пригонка.</p> <p>Рівень взаємозамінності виробництва виробу характеризується коефіцієнтом взаємозамінності, рівним відношенню трудомісткості виготовлення взаємозамінних деталей до загальної трудомісткості виготовлення виробу.</p> <p>Розрізняють також зовнішню і внутрішню взаємозамінність.</p> <p>Зовнішня – це взаємозамінність покупних або кооперуємих виробів (монтованих в інші більш складні вироби) і складальних одиниць за експлуатаційними показниками, за розмірами і формою приєднуваних поверхонь.</p>



Продовження таблиці А.1

1	2	3
---	---	---

ДО1	<p>Внутрішня взаємозамінність поширюється на деталі, складальні одиниці і механізми, що входять у виріб.</p> <p>Базою для здійснення взаємозамінності в сучасному промисловому виробництві є стандартизація.</p> <p>Терміни стандарт, стандартизація, стандартний походять від англійського standard - норма, зразок, мірило. У техніці під стандартом розуміють нормативно-технічний документ по стандартизації, в якому встановлені норми, правила, вимоги до об'єкту стандартизації.</p> <p>Стандартизація розповсюджується на всі сфери людської діяльності: науку, техніку, будівництво, медицину, фінанси тощо.</p> <p>Основні терміни і визначення в області стандартизації встановлені Комітетом ІСО з вивчення наукових принципів стандартизації.</p> <p>Для посилення ролі стандартизації розроблена і введена в дію державна система стандартизації ДСС. Вона визначає цілі та завдання стандартизації, структуру органів і служб стандартизації, порядок розроблення, оформлення, затвердження, видання і впровадження стандартів. Основними цілями стандартизації є:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- підвищення якості продукції;</li> <li>- розвиток експорту;</li> <li>- розвиток спеціалізації;</li> <li>- розвиток кооперації.</li> </ul> <p>Завдання, що вирішує стандартизація:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- встановлення прогресивних систем стандартів на основі комплексних програм, що визначають вимоги до конструкції виробів, технології їх виробництва, якості сировини матеріалів і комплектуючих виробів;</li> <li>- визначення єдиної системи показників якості продукції, методів і засобів контролю і випробувань;</li> <li>- встановлення норм, вимог і методів в області проектування і виробництва продукції;</li> <li>- розвиток уніфікації продукції і агрегування машин;</li> <li>- забезпечення єдності і достовірності вимірювань в країні, вдосконалення методів і засобів вимірювань;</li> <li>- встановлення єдиних систем документації;</li> <li>- встановлення систем класифікації і кодування техніко-економічної інформації;</li> <li>- встановлення єдиних термінів і позначень в найважливіших областях науки, техніки, промисловості.</li> </ul> <p>Для досягнення поставлених цілей роботи по стандартизації планують, враховуючи стан виробництва в державі, постійно оновлюють стандарти на основі досягнень науки, техніки.</p> <p>У залежності від сфери дії ДСС передбачає такі категорії стандартів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- державні стандарти України – ДСТУ;</li> <li>- галузеві стандарти України – ГСТУ;</li> <li>- стандарти науково-технічних та інженерних товариств і спілок України – СТТУ;</li> <li>- технічні умови України – ТУУ;</li> <li>- стандарти підприємств – СТП.</li> </ul>
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Продовження таблиці А.1

1	2	3
		<p>Державна система стандартизації – основа виробництва продукції високої якості.</p> <p>Якість продукції оцінюють показниками якості продукції – кількісними характеристиками основних властивостей продукції. У машинобудуванні застосовують наступні показники:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- економічні;</li> <li>- надійності;</li> <li>- ергономічні (сприяють створенню оптимальних умов праці);</li> <li>- естетичні (характеризують досконалість форми виробу);</li> <li>- уніфікації (характеризують насиченість виробу стандартними деталями і вузлами, застосовуваними на виробках різних моделей); патентно-правові й ін.</li> </ul> <p>Усю продукцію, що підлягає атестації, в Україні відносять до вищої і першої категорії якості. Промислова продукція вищої категорії якості по показниках технічного рівня якості повинна перевершувати кращі вітчизняні і закордонні зразки чи відповідати їм і бути конкурентоспроможною на зовнішньому ринку. Продукція першої категорії якості за техніко-економічними показниками повинна відповідати сучасним вимогам стандартів (технічних умов) і задовольняти потреби народного господарства і населення країни.</p>

ДО2

Загальні  
відомості  
про розміри

Геометричні параметри деталей оцінюють за допомогою розмірів.

Розміри можуть бути:

- такі, що визначають величину і форму деталі;
- координуючі (положення осей щодо бази);
- складальні;
- монтажні;
- габаритні.

Окрім цього, розміри поділяються на такі, що охоплюють, і ті, що є охоплюваними.

Охоплюючі розміри прийнято називати отворами (рисунок 1).

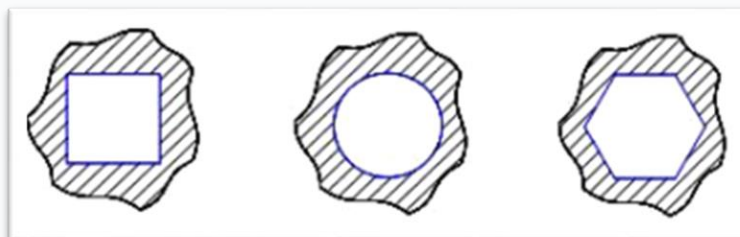


Рисунок 1 – Отвори

Охоплювані розміри прийнято називати валами (рисунок 2).

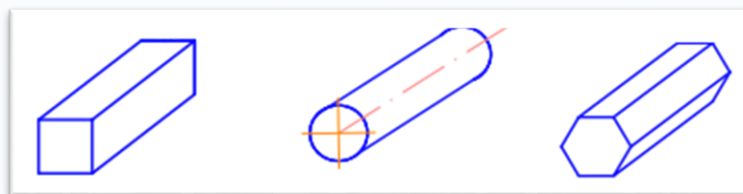
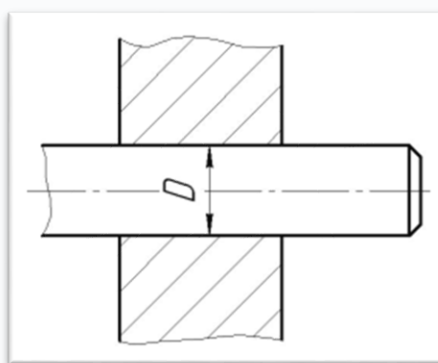


Рисунок 2 – Вали

Розрізняють номінальний, дійсний і граничні розміри.

Отвір і вал, як складові з'єднання, повинні мати спільний розмір. Цей розмір прийнято називати номінальним розміром з'єднання (рисунок 3).



D – номінальний розмір

Рисунок 3 – З'єднання двох деталей

Відносно нього визначаються граничні розміри і він слугує початком відліку відхилень.

Номінальний розмір може бути отриманий розрахунковим шляхом або виходячи з конструктивних міркувань. Розмір, отриманий

розрахунковим шляхом, має бути округлений у бік його збільшення до найближчого числа вибраного з ряду переважних чисел.

При виготовленні деталей або складанні машини робітники повинні витримувати номінальні розміри, зазначені на кресленні. Однак у силу різних причин на практиці має місце відхилення дійсного розміру, отриманого в результаті виконання операції обробки чи складання, від номінального, заданого конструктором. Граничні розміри визначають допустимість відхилення дійсного розміру від номінального.

Дійсне відхилення ( $E_f$ ,  $e_f$ ) дорівнює алгебраїчній різниці між дійсним і номінальним розмірами:

Граничне відхилення дорівнює алгебраїчній різниці між граничним і номінальним розмірами.

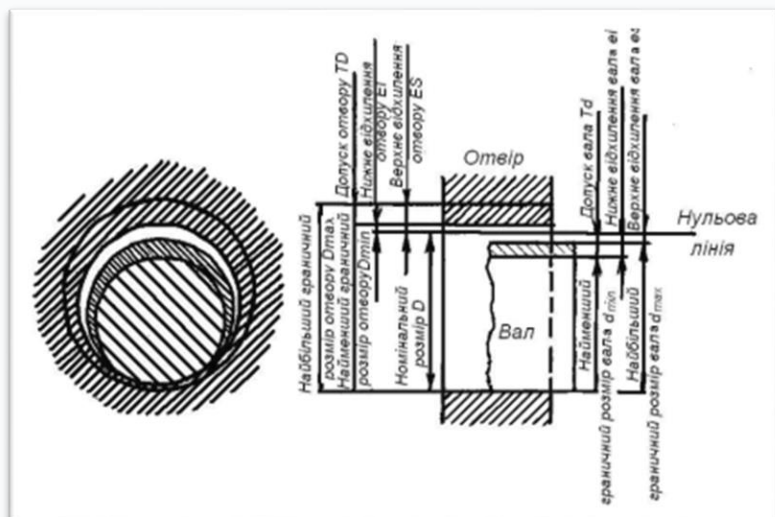
Розрізняють верхнє і нижнє відхилення.

Відхилення можуть бути позитивними, негативними і рівними нулю.

На кресленнях значення лінійних відхилень вказують у міліметрах безпосередньо після номінального розміру. Верхнє відхилення поміщають над нижнім і записують меншим шрифтом, ніж номінальний розмір, наприклад  $100^{+0,01}_{-0,03}$ . При верхньому і нижньому відхиленнях, рівних за абсолютною величиною, але протилежних за знаком, відхилення записується один раз зі знаком  $\pm$ , наприклад  $100 \pm 0,01$ . Відхилення, рівні нулю, зазвичай не вказують, наприклад  $100_{-0,03}$ .

Кутові розміри та їх граничні відхилення проставляють в градусах, хвилинах і секундах із зазначенням одиниці, наприклад  $0^\circ 20' 40''$ . Нормальна працездатність з'єднання буде забезпечена, якщо величина відхилення буде не більше деякого допустимого.

Для полегшення виконання різних розрахунків, пов'язаних з визначенням граничних розмірів деталей і їх точності, відхилення і допуски зображають на кресленнях графічно (рисунок 4).



## Продовження таблиці А.1

1	2	3
		<div data-bbox="791 264 1257 622" style="text-align: center;"> </div> <div data-bbox="536 685 1417 837" style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p><math>D</math> - номінальний розмір;  <math>D_{\max}</math> – найбільший граничний розмір отвору;  <math>d_{\max}</math> – найбільший граничний розмір вала;  <math>D_{\min}</math> – найменший граничний розмір отвору;  <math>d_{\min}</math> – найменший граничний розмір вала.</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><math>TD</math> - допуск отвору;  <math>Td</math> - допуск вала;  <math>ES</math> - верхнє відхилення отвору;  <math>EI</math> - нижнє відхилення отвору;  <math>es</math> - верхнє відхилення вала;  <math>ei</math> - нижнє відхилення вала.</p> </div> </div> <p data-bbox="564 887 1347 920" style="text-align: center; margin-top: 20px;">Рисунок 4 – Схематичне зображення деталей у з'єднанні</p> <p data-bbox="523 958 1485 1285">Для цього проводять нульову лінію, відповідну номінальним розміром, і від неї відкладають відхилення розмірів. Якщо нульова лінія розташована горизонтально, то позитивні відхилення відкладають вгору, а негативні – вниз. Через точки верхнього і нижнього відхилень проводять лінії, паралельні нульовій. Поле, обмежене верхнім і нижнім відхиленнями, називають полем допуску. Розрізняють поле допуску отвору і поле допуску вала. Поле допуску відрізняється від допуску тим, що воно визначає не тільки величину, але і розташування цього допуску щодо номінального розміру.</p> <p data-bbox="523 1290 1485 1500">Для визначення положення поля допуску відносно нульової лінії використовують одне з двох відхилень - верхнє або нижнє, яке називають основним. Зазвичай таким відхиленням є відхилення, найближче до нульової лінії. Основні відхилення позначають буквами латинського алфавіту (прописними - для отворів, малими - для валів).</p>

ДОЗ	Поняття про з'єднання. Зазор. Натяг. Посадки.	<p>Виготовлені із заданою точністю деталі збираються у вузлі з різною свободою відносного переміщення деталей у з'єднанні або різним ступенем опору їх взаємного зміщення, тобто з різним характером спряження.</p> <p>Поверхні, по яких відбувається з'єднання деталей, називаються спряженими. Решта поверхонь називаються вільними. Допуск встановлюється на виготовлення як спряжених поверхонь, так і вільних, а посадка може бути задана лише для спряжених поверхонь.</p> <p>Розрізняють посадки: з зазором; з натягом або перехідні.</p> <p>При схематичному зображенні посадки поле допуску отвору розташоване над полем допуску вала (рисунок 5).</p> <div data-bbox="699 566 1350 1070" data-label="Diagram"> </div> <p>Рисунок 5 – Схематичне зображення полів допусків посадки із зазором</p> <p>Посадку із зазором характеризує три види зазорів:</p> <p>Найменший зазор:</p> $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$ $S_{\min} = EI - es$ <p>Найбільший зазор:</p> $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$ $S_{\max} = ES - ei$ <p>Середній зазор:</p> $S_{\text{cp}} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}$ <p>Точність посадки оцінюється допуском, який дорівнює сумі допусків отвору і вала:</p> $T_{\text{п}} = TD + Td$ <p>Для посадки з зазором допуск посадки (<math>T_s</math>) визначається як різниця між найбільшим і найменшим зазорами.</p> $T_s = S_{\max} - S_{\min}$ <p>При схематичному зображенні посадки поле допуску вала розташоване над полем допуску отвору (рисунок 6).</p>
-----	--------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

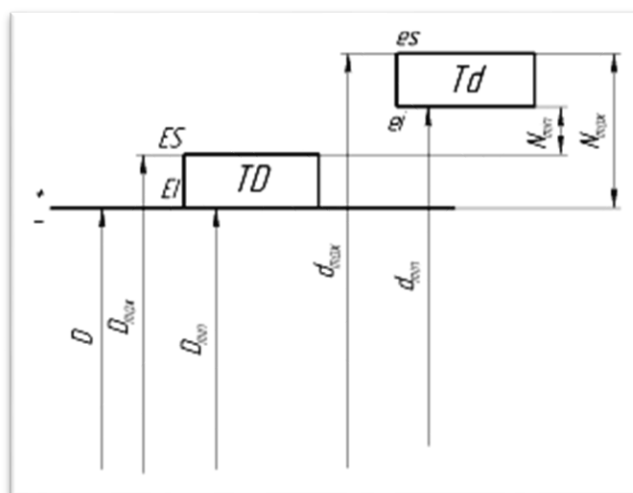


Рисунок 6 – Схематичне зображення полів допусків посадки з натягом

Посадку з натягом характеризує три види натягу:

Найменший натяг

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

$$N_{\min} = ei - ES$$

Найбільший натяг

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

$$N_{\max} = es - EI$$

Середній натяг

$$N_{\text{ср}} = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2}$$

Допуск посадки з натягом ( $T_N$ ) – це різниця між найбільшим і найменшим натягом:

$$T_N = N_{\max} - N_{\min}$$

Поля допусків отвору і вала перекриваються повністю або частково, рисунок 7.

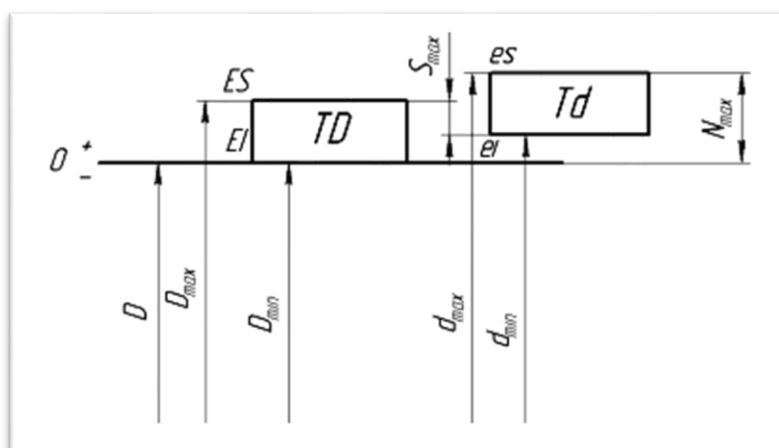
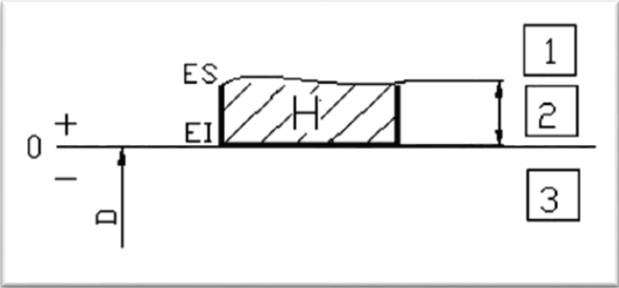


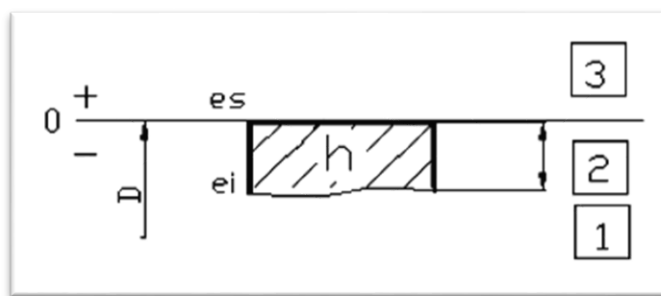
Рисунок 7 – Схематичне зображення полів допусків посадки перехідної

Експлуатаційними показниками перехідної посадки служать максимальні значення зазору і натягу.

Продовження таблиці А.1

1	2	3
		Допуск перехідної посадки: $T_{\text{пер}}(TS, TN) = S_{\text{max}} + N_{\text{max}}$

ДО4	Система допусків і посадок	<p>Змінюючи величину допуску для отвору і вала або розташування полів допусків отворів і валів щодо номінального розміру, ми можемо варіювати величинами зазорів і натягу в з'єднанні.</p> <p>З метою впорядкування величин допусків на виготовлення деталей, а також величин зазорів і натягів, розроблена міжнародна система допусків і посадок для гладких з'єднань.</p> <p>На сьогодні в більшості країн світу і в Україні використовують міжнародні системи допусків і посадок (ISO). Системи ISO створені для можливої уніфікації національних систем допусків і посадок і полегшення міжнародних технічних зв'язків. Включення в національні стандарти стандартів і рекомендацій ISO створює передумови взаємозамінності однотипних деталей, що випускаються в різних країнах.</p> <p>В основу побудови системи допусків і посадок покладено шість ознак:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Основа системи.</li> <li>2 Розташування полів допусків основної деталі відносно нульової лінії.</li> <li>3 Ряди основних відхилень.</li> <li>4 Формування допуску:       <ul style="list-style-type: none"> <li>- квалітет (ступінь точності);</li> <li>- одиниця допуску.</li> </ul> </li> <li>5 Градація інтервалів розмірів.</li> <li>6 Нормальна температура.</li> </ol> <p>Основа системи. Встановлено дві рівноправні системи: система отвору і система вала.</p> <p>Посадки в системі отвору – посадки, в яких різні зазори і натяги отримують з'єднанням різних валів з основним отвором (рисунок 8).</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1 – поле допуску вала для формування посадки з гарантованим натягом;</li> <li>2 – поле допуску вала для формування перехідної посадки;</li> <li>3 – поля допуску вала для формування посадки з гарантованим зазором.</li> </ol> <p>Рисунок 8 – Розташування полів допусків у системі отвору</p> <p>Основний отвір – отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю. Позначається буквою Н латинського алфавіту. Поле допуску основного отвору прилягає до номінального розміру нижнім відхиленням (EI) і поширюється в плюс від номінального розміру, в тіло деталі.</p> <p>Посадки в системі вала – посадки, в яких різні зазори і натяги отримують з'єднанням різних отворів з основним валом (рисунок 9).</p>
-----	----------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



1 – поле допуску отвору для формування посадки з гарантованим натягом;  
 2 – поле допуску отвору для формування перехідної посадки;  
 3 – поле допуску отвору для формування посадки з гарантованим зазором.

Рисунок 9 – Розташування полів допусків у системі вала

Основний вал – вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю, позначається буквою  $h$ . Поле допуску основного валу прилягає до номінального розміру верхнім відхиленням і поширюється в мінус від номінального розміру в тіло деталі.

Посадки з однаковим характером з'єднання для заданого номінального розміру можна отримати як у системі отвору, так і в системі вала.

Вибір системи отвору або системи вала для заданого характеру з'єднання визначається, виходячи з конструктивних, технологічних і економічних міркувань.

Система отвору є переважною, оскільки номенклатура різального і вимірювального інструментів буде меншою, ніж у разі застосування системи вала.

Так, у серійному і масовому виробництвах для обробки отворів використовують свердла, зенкери, розгортки, протяжки і ін. Кожен з перелічених інструментів може бути призначений для обробки отворів лише одного розміру, тоді як різні за діаметром вали можна обробляти одним і тим же різцем або шліфувальним кругом.

Вибираючи систему отвору, ми маємо можливість зменшити номенклатуру інструменту. У зв'язку з цим використання системи отвору економічно доцільніше і при виборі основи системи їй слід надавати перевагу.

Проте в деяких випадках, виходячи з конструктивних міркувань, використовують систему вала.

В окремих випадках деталі типу осей або валів можуть виготовлятися з каліброваного круглого прокату і не оброблятися по зовнішньому діаметру. У з'єднанні з такими деталями доцільне використання системи вала.

Приєднувальні розміри деяких стандартних виробів: зовнішній діаметр підшипника, зів гайкового ключа, вихідний вал електродвигуна і інше – виконуються в системі вала.

Ряди основних відхилень. Міжнародною системою допусків і посадок для кожного номінального розміру деталі передбачено два граничні відхилення – верхнє і нижнє. Розташування поля допуску щодо номінального розміру визначається основним відхиленням, за яке приймається одне з двох граничних відхилень деталі, розташоване ближче до нульової лінії. Для умовного позначення основних

відхилень отворів і валів використовуються букви латинського алфавіту, прописні для отворів і рядкові для валів (рисунок 10).

Відхилення А - Н (a - h) призначені для утворення полів допусків у посадках із зазором, відхилення JS - N (js - n) – в перехідних посадках, відхилення P – ZC (p - zc) – в посадках з натягом.

Основні відхилення отворів побудовано так, щоб забезпечити посадки в системі вала аналогічно посадкам в системі отвору. Вони рівні за абсолютною величиною, протилежні за знаком і позначені тією ж буквою;

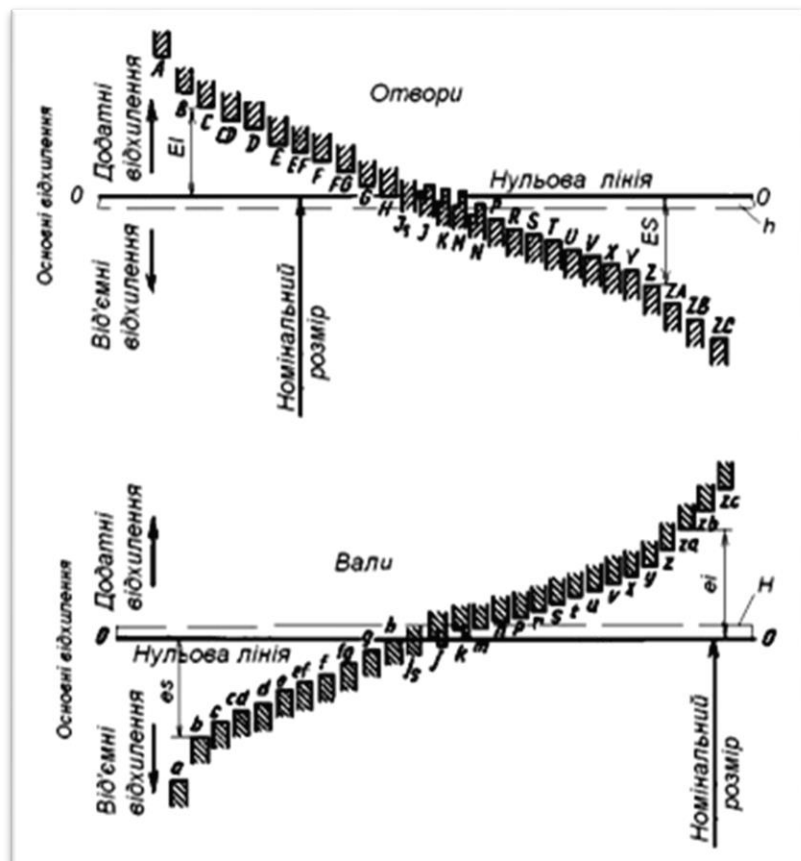
$EI = -es...$  для отворів від А до Н

$ES = -ei...$  для отворів від J до ZC

Формування допуску. Кожен розмір деталі характеризується номінальним розміром і необхідною точністю його виконання.

Допуск на виготовлення деталей однакового номінального розміру, але різного ступеня точності не може бути однаковим. Чим вища вимога до точності виготовлення деталей, тим меншою має бути величина допуску на його виконання.

Допуск на виготовлення деталей з різними номінальними розмірами, але при однакових вимогах до точності також не може бути однаковим. Для деталі з більшим номінальним розміром допуск має бути також більшим.



H - основне відхилення основного отвору;

a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g - основні відхилення валів рекомендуються для утворення посадок із зазором в системі отвору;

js, j, k, m, n - основні відхилення валів рекомендуються для утворення посадок перехідних в системі отвору;

p, r, s, t, u, v,x, w, z, za, zb, zc - основні відхилення валів рекомендуються для утворення посадок з натягом в системі отвору;  
 h - основне відхилення основного вала;  
 A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G - основні відхилення отворів що рекомендуються для утворення посадок із зазором в системі вала;  
 JS, J, K, M, N - основні відхилення отворів що рекомендуються для утворення посадок перехідних в системі вала;  
 P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC - основні відхилення отворів що рекомендуються для утворення посадок з натягом в системі вала.

Рисунок 10 – Схема розташування основних відхилень

Отже, чисельне значення допуску на розмір деталі має бути функцією і номінального розміру, і необхідної точності виконання.

У міжнародному стандарті для обчислення допуску передбачена така залежність:

$$IT = i \cdot a$$

де  $i$  – одиниця допуску, яка, відображаючи вплив технологічних, конструкторських і метрологічних чинників, функціонально залежить від номінального розміру;  $a$  – кількість одиниць допуску (коефіцієнт точності), яка функціонально залежить від необхідного ступеня точності.

Для гладких з'єднань точність при виготовленні отворів і валів регламентується квалітетами.

Кожному квалітету відповідає певна кількість одиниць допуску – «а».

Величини допуску для отвору і вала одного і того ж номінального розміру і одного квалітету однакові.

ДСТУ 2500-94 для розмірів від 1 до 3150 мм передбачено 20 квалітетів, які позначаються порядковими номерами 01; 0; 1; ...; 18.

Рекомендована сфера застосування квалітетів:

0,1; 0; 1 – кінцеві заходи довжини;

2 - 4 – вимірювальний інструмент;

5 – 13 – розміри спряжуваних деталей у машинобудуванні;

5-6 – посадки підшипників прецизійних верстатів, з'єднання контрольних і робочих пристосувань;

7-8 – відповідальні з'єднання в автомобілебудуванні, верстатобудуванні, робочих пристосувань (посадки підшипників, центрування шестерень, шківів і інших деталей, що обертаються);

9-11 – менш відповідальні з'єднання (кришки підшипників, втулки дистанційні між шестернями на валах і ін.)

12-13 – з'єднання, які не вимагають центрування;

14-18 – вільні розміри.

Обчислювати одиницю допуску для кожного номінального розміру недоцільно.

Для квалітетів від 5 до 18 і діаметрів від 1 до 500 мм одиниця допуску визначається з формули:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D_{cp}} + 0,001 D_{cp}$$

де  $i$  - розрахункове значення одиниці допуску, в мкм;

$D_{cp}$  - середньгеометрична величина інтервалу номінальних розмірів, в мм.

## Продовження таблиці А.1

1	2	3
		<p>Для розмірів 500...3150 мм і понад 3150...10000 мм <math>i=0,004D+2,1</math> мкм. Розподіл розмірів на інтервали і застосування для розмірів кожного інтервалу загальної одиниці допуску дозволяють обмежити розмаїтість значень допусків і спрощують таблиці стандартів.</p> <p>Інтервали номінальних розмірів. Діапазон розмірів розбитий на наступні групи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- до 500 мм;</li> <li>- від 500 до 3150 мм;</li> <li>- від 3150 до 10000 мм.</li> </ul> <p>Групи розмірів поділяються на основні і проміжні інтервали. Так, для розмірів до 500 мм, що частіше застосовують у машинобудуванні, встановлено 13 основних інтервалів: від 1 до 3 мм, понад 3 до 6 мм, понад 6 до 10 мм і т.д. Останній інтервал понад 400 до 500 мм. Починаючи з 10 мм основні інтервали ще розбиті на проміжні. Основні і проміжні інтервали для різних груп розмірів приводяться в таблиці ЄСП СЕВ.</p> <p>За нормальну температуру в розрахунках посадок і при контролі відповідальних деталей прийнята температура 20 °С. Тому допуски і відхилення, що вказуються в стандартах, відносяться до деталей, розміри яких визначено саме при цій температурі.</p>

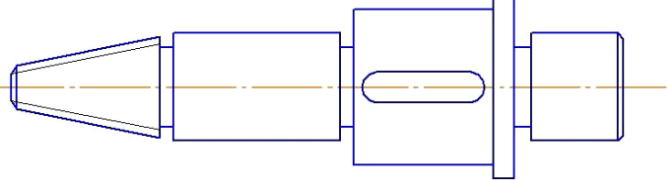
## Продовження таблиці А.1

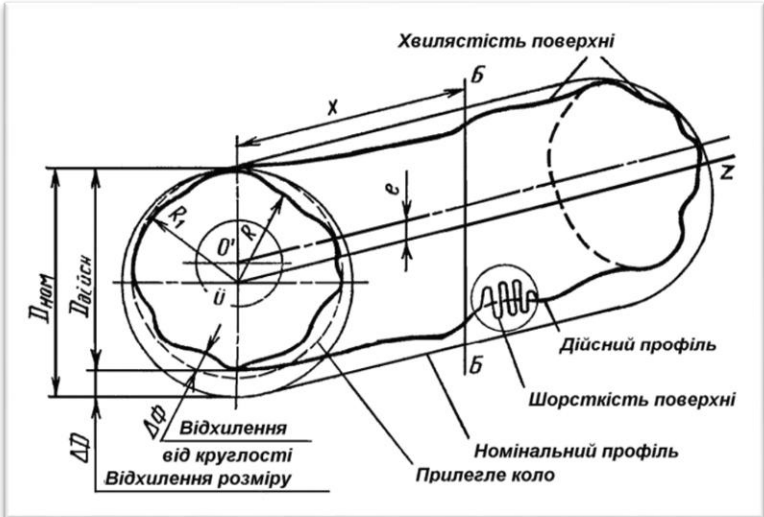
1	2	3
Д05	Утворення і позначення полів допусків і посадок на кресленнях	<p>Допуски позначаються сполученням великих літер ІТ з порядковим номером квалітету, наприклад: ІТ01, ІТ5, ІТ14.</p> <p>Поле допуску деталі утворюється сполученням основного відхилення з допуском по одному з квалітетів, позначається сполученням літери (літер) основного відхилення і порядкового номера квалітету, наприклад: g6, d7, H7, H14.</p> <p>Схему утворення полів допусків деталей і посадок в системах отвору і вала, а також комбінованих посадок наведено на рисунку 11.</p> <div data-bbox="582 633 1465 1003" style="text-align: center;"> </div> <p>Рисунок 11 – Схема утворення полів допусків і посадок</p> <p>Посадка позначається дробом, у чисельнику якого вказується позначення поля допуску отвору, а в знаменнику – позначення поля допуску вала, наприклад:</p> $\frac{H7}{f6} \text{ або } H7/f6$ <p>Позначення посадки вказується після номінального розміру посадки, наприклад:</p> $40 \frac{H7}{f6} \text{ або } 40H7/f6$ <p>На кресленнях деталей поля допусків можуть позначатися:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- буквеними позначеннями після номінального розміру елемента, наприклад: 40g6, Ø35r6, Ø40H7, 50JS6;</li> <li>- з указанням числових значень відхилень, наприклад: <math>40_{-0,025}^{-0,009}</math>; <math>\text{Ø}35_{+0,034}^{+0,050}</math>; <math>\text{Ø}40^{+0,025}</math>; <math>50 \pm 0,008</math></li> <li>- буквеними і числовими позначеннями, наприклад: <math>40g6_{(-0,025)}^{(-0,009)}</math>; <math>\text{Ø } 35r6_{(+0,034)}^{(+0,050)}</math>; <math>\text{Ø } 40H7^{(+0,025)}</math></li> </ul>

## Продовження таблиці А.1

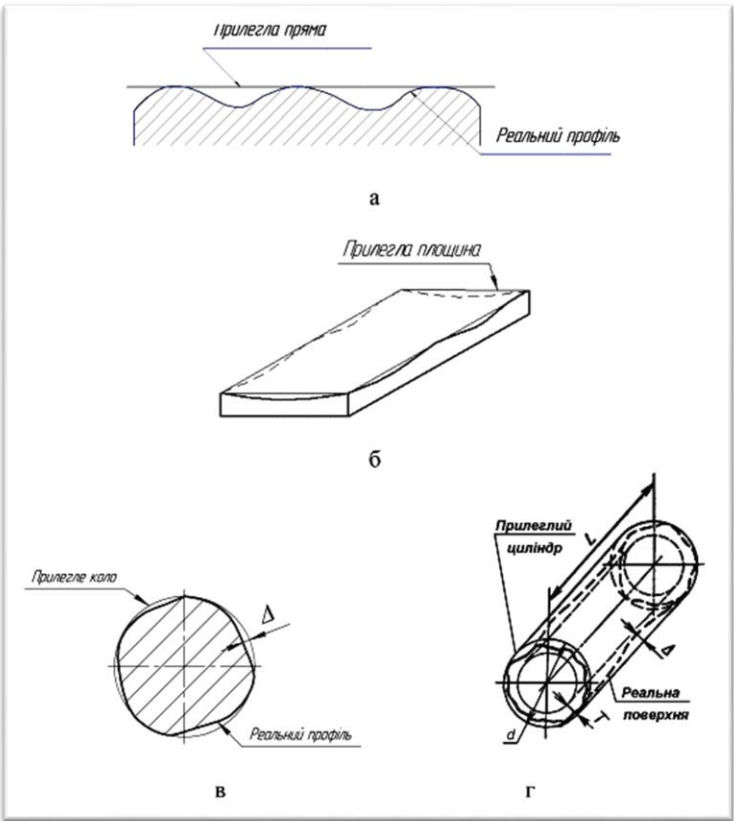
1	2	3
ДОб	Принципи і методи вибору допусків та посадок	<p>При виборі допусків і посадок необхідно керуватися наступним. Квалітет, допуск, посадка повинні вибиратись так, щоб виконувались експлуатаційно-конструктивні вимоги, чкі ставляться до вузла або машини в цілому, тобто щоб забезпечувалось їх функціональне призначення. Для цього потрібно знати і враховувати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- необхідний характер з'єднання;</li> <li>- експлуатаційні умови (вібрації, температура, змащування);</li> <li>- забезпечення взаємозамінності;</li> <li>- вартість виготовлення.</li> </ul> <p>Підвищення надійності, довговічності машин потребує максимального наближення дійсних розмірів деталей до розрахункових. Однак ця вимога обмежується технологічними можливостями виготовлення деталей, а іноді й можливостями технічних вимірів. Обробка деталей за більш точним квалітетом потребує більших витрат на обладнання, інструмент, пристосування.</p> <p>Зі зменшенням допуску збільшується також імовірність появи браку.</p> <p>Виготовлення за розширеними допусками більш просте, не потребує точного обладнання, але знижує точність і довговічність машин. Тому перед конструктором завжди постає завдання – раціонально вирішити протиріччя між експлуатаційними вимогами і технологічними можливостями, виходячи в першу чергу з виконання експлуатаційних вимог.</p> <p>Вибір посадок проводиться одним із трьох методів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- метод прецедентів, або аналогів – посадка вибирається за аналогією з посадкою в надійно працюючому вузлі аналогічного експлуатаційного призначення;</li> <li>- метод подібності – посадка вибирається на підставі рекомендацій літературних джерел або галузевих технічних документів;</li> <li>- розрахунковий метод – посадка розраховується на підставі напівемпіричних залежностей.</li> </ul> <p>Початковими даними для розрахунку і призначення посадки беруться: номінальний розмір з'єднуваних деталей, отриманих у результаті міцнісних розрахунків або графічної побудови, і експлуатаційні характеристики з'єднання.</p> <p>У ДСТУ ISO 286-2-2002 встановлені рекомендовані посадки для всіх інтервалів розмірів. Для розмірів від 1 до 500мм встановлено 69 посадок спільного застосування в системі отвору і 61 посадка в системі вала.</p>

## Продовження таблиці А.1

1	2	3
ДО7	Загальні відомості про відхилення форми поверхонь	<p data-bbox="518 262 1485 405">Кожна деталь може бути представлена як сукупність геометричних, ідеально точних об'ємів, що мають циліндричні, конічні, плоскі, сферичні та інші поверхні. Так, наприклад, вал (рисунок 12) утворено поєднанням різних поверхонь.</p>  <p data-bbox="683 611 1414 678">Рисунок 12 – Вал, що являє собою сукупність різних поверхонь</p> <p data-bbox="518 685 1485 972">Під час виготовлення деталей, а також експлуатації машин виникають похибки не тільки розмірів, а й форми та розташування поверхонь. Також під час виготовлення кожен різальний інструмент залишає на оброблюваній поверхні сліди, які мають вигляд западин або виступів. Ці нерівності складають шорсткість та хвилястість поверхонь. Таким чином, на кресленнях форму деталей задають ідеально точними номінальними поверхнями, площинами, профілями.</p> <p data-bbox="518 978 1485 1263">Виготовлені ж деталі мають реальні поверхні, площини, профілі, які відрізняються від номінальних відхиленнями форми і розташування, а також хвилястістю та шорсткістю. Відхилення від заданої форми і розташування спотворюють характер з'єднання деталей при збиранні та погіршують якість роботи не тільки одиниць збирання, а й машини в цілому. Тому в залежності від призначення деталей і умов їх роботи конструктор обмежує величини можливих відхилень форми та розташування поверхонь допусками.</p>

Д08	Класифікація відхилень геометричних параметрів деталей	<p>Взаємозамінність деталей визначається в першу чергу точністю їх геометричних параметрів (розмірами, формою, розташуванням поверхонь).</p> <p>Для нормування і кількісної оцінки відхилень форми та розташування поверхонь введено такі поняття:</p> <p>Аналогічно розрізняють номінальний і реальний профіль (рисунок 13), номінальне і реальне розташування поверхонь, які визначаються лінійними та кутовими розмірами відносно бази або між поверхнями, що розглядаються.</p>  <p>Рисунок 13 – Відхилення геометричних параметрів різних порядків</p> <p>Для кількісної оцінки відхилень форми за базу приймають прилеглу поверхню (площину, циліндр, пряму, коло, профіль) (рисунок 14).</p> <p>Точність геометричних параметрів визначається відхиленнями цих параметрів від номінальних.</p> <p>Відхилення геометричних параметрів – це найбільша відстань між дійсними поверхнями (розмірами) і номінальними.</p>
-----	--------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Продовження таблиці А.1

1	2	3
		 <p>Рисунок 14 – Прилегли пряма (а), площина (б), коло (в), циліндр (г)</p> <p>Відхилення геометричних параметрів можна класифікувати наступним чином:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Відхилення нульового порядку – відхилення розміру (<math>\Delta D</math>).</li> <li>2. Відхилення першого порядку – відхилення розташування поверхонь (е).</li> <li>3. Відхилення другого порядку – відхилення форми поверхонь (<math>\Delta\Phi</math>).</li> <li>4. Відхилення третього порядку – відхилення, що мають характер хвилястості.</li> <li>5. Відхилення четвертого порядку – шорсткість поверхні.</li> </ol> <p>Для отримання придатних деталей та виробів необхідно нормувати і контролювати всі перераховані параметри.</p>

## Продовження таблиці А.1

1	2	3
ДО9	Відхилення форми циліндричних і плоских поверхонь	<p>Взагалі у відхилення форми входить хвилястість поверхні і не входить шорсткість. Відхилення форми поверхонь відлічують від точок реальної поверхні до прилеглих поверхонь.</p> <p>Причинами появи відхилень форми можуть бути:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- похибки технологічного обладнання;</li> <li>- похибки інструменту;</li> <li>- похибки системи «верстат-притосування-інструмент-деталь»;</li> <li>- колювання режимів обробки;</li> <li>- нестабільність властивостей оброблюваного матеріалу;</li> <li>- наявність залишкових напружень у металі;</li> <li>- похибки оператора.</li> </ul> <p>До відхилень форми слід віднести відхилення циліндричних і плоских поверхонь.</p> <p>Для визначення відхилень форми циліндричних поверхонь установлені два види показників: комплексні і диференційовані.</p> <p>Відхиленнями форми плоских поверхонь можуть бути відхилення від прямолінійності і відхилення від площинності.</p> <p>Відхилення від прямолінійності – найбільша відстань від точок реального профілю до прилеглої прямої в межах нормованої ділянки.</p> <p>Відхилення від площинності – найбільша відстань від точок реальної поверхні до прилеглої площини в межах нормованої ділянки.</p> <p>Відхилення форми плоских поверхонь визначаються комплексними і диференційованими показниками.</p> <p>Відхилення форми оцінюють найбільшим відхиленням <math>\Delta</math>. При цьому повинна забезпечуватись умова:</p> $\Delta \leq T$ <p>де <math>T</math> – допуск форми.</p> <p>Поле допуску форми являє собою зону в просторі або на поверхні, усередині якої повинні знаходитись всі точки реальної поверхні.</p> <p>Допуски круглості, циліндричності і площинності – найбільше допустиме значення відхилень від круглості, циліндричності і площинності відповідно.</p> <p>На робочих кресленнях умовні позначення мають тільки комплексні показники відхилень форми циліндричних і плоских поверхонь. Диференційовані види відхилень форми умовних позначень не мають, а в разі необхідності вид і величина відхилень вказуються текстом у технічних умовах.</p>

ДО10 Відхилення і допуски розташування поверхонь

Під час оцінювання відхилень розташування відхилення форми поверхні виключаються (окрім радіального і торцевого биття). При цьому реальні поверхні (профілі) замінюють прилеглими.

Точність розташування вважають забезпеченою, якщо дійсне відхилення не перевищує допуску, який встановлено для даного виду відхилення, тобто  $\Delta \leq T$ .

Розглянемо основні види відхилень розташування.

Відхилення від паралельності площин ( $\Delta$ ) – різниця найбільшої і найменшої відстані між площинами в межах нормованої ділянки (рисунок 15).

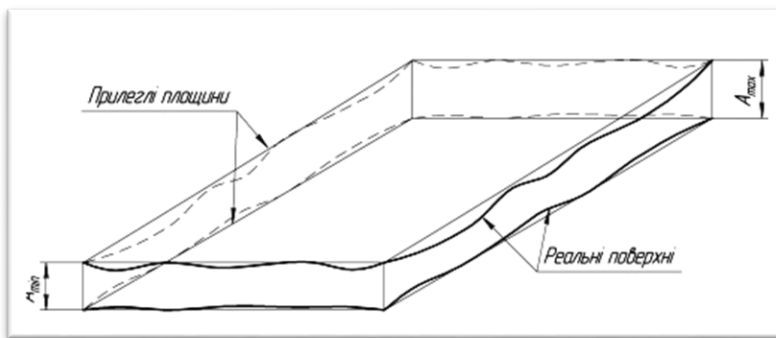


Рисунок 15 – Відхилення від паралельності площин

Відхилення від перпендикулярності – відхилення кута між площинами від прямого кута ( $90^\circ$ ), виражене в лінійних одиницях на довжині нормованої ділянки (рисунок 16).

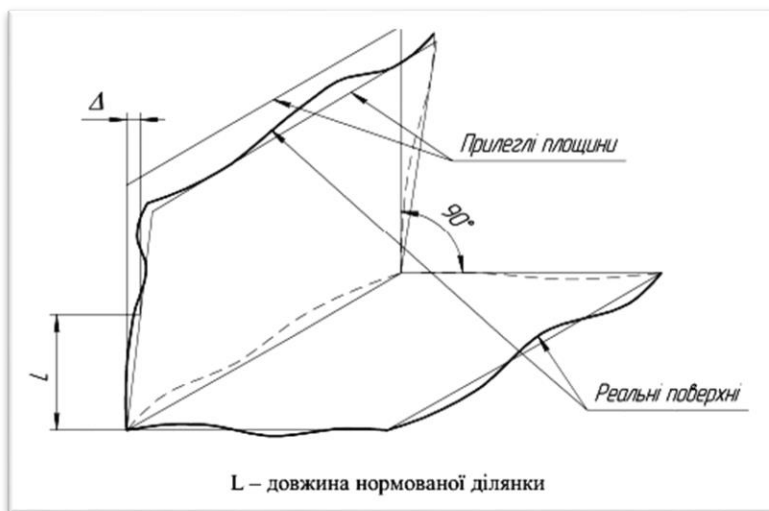


Рисунок 16 – Відхилення від перпендикулярності

Відхилення від паралельності осей у просторі дорівнює геометричній сумі відхилень від паралельності проєкцій осей на взаємно перпендикулярні площини Q I P (рисунок 17).

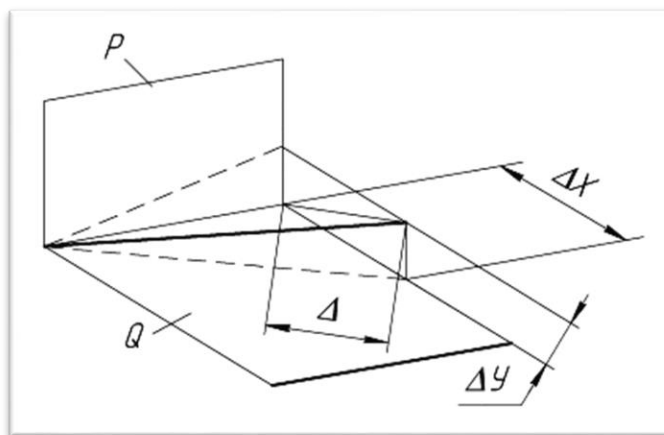


Рисунок 17и– Відхилення від паралельності осей у просторі

$$\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

де  $\Delta x$  - відхилення від паралельності осей у спільній площині;  $\Delta y$  - перекіс осей, визначається відхиленням від паралельності проєкцій осей на площину P, яка проходить через одну вісь і є перпендикулярною до площини Q.

Відхилення від співвісності відносно спільної осі (рисунок 18) – це найбільша відстань  $\Delta_1$  ( $\Delta_2$ ) між віссю розглядуваної поверхні обертання і спільною (базовою) віссю на довжині нормованої ділянки  $L_1$  ( $L_2$ ).

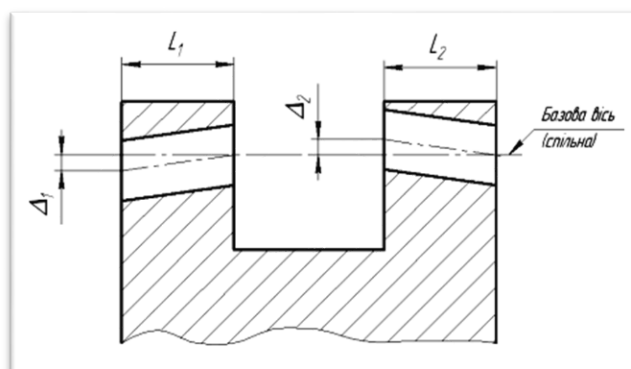


Рисунок 18 – Відхилення від співвісності відносно спільної осі

Відхилення від симетричності (рисунок 19) – це найбільша відстань між площиною симетрії (віссю) розглядуваного елемента і базою (площиною симетрії базового елемента) в межах нормованої ділянки.

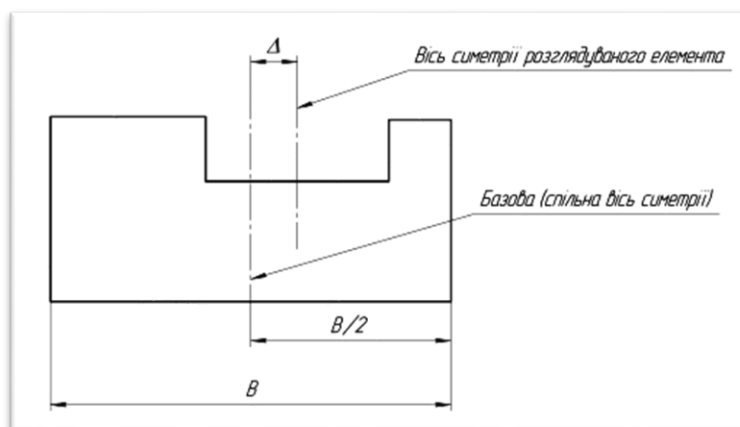


Рисунок 19 – Відхилення від симетричності

Відхилення від перетину осей (рисунок 10) – найменша відстань між осями, що номінально перетинаються.

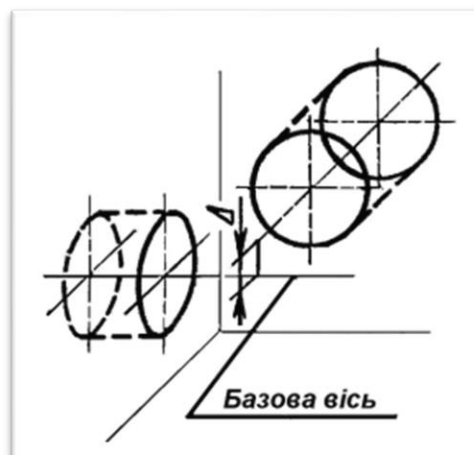


Рисунок 20 – Відхилення від перетину осей

Позиційне відхилення (рисунок 21) – це умовна назва відхилення на зміщення осі або площини відносно номінального розташування.

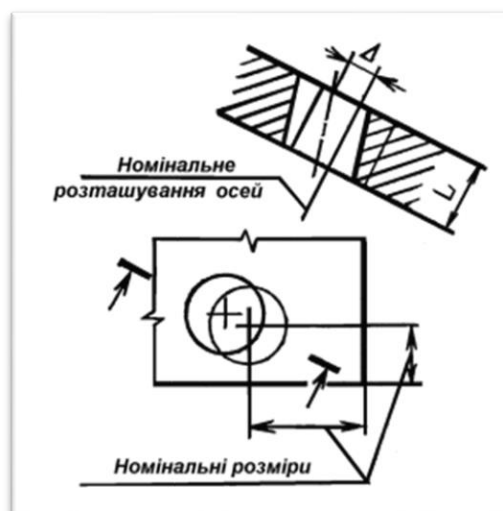
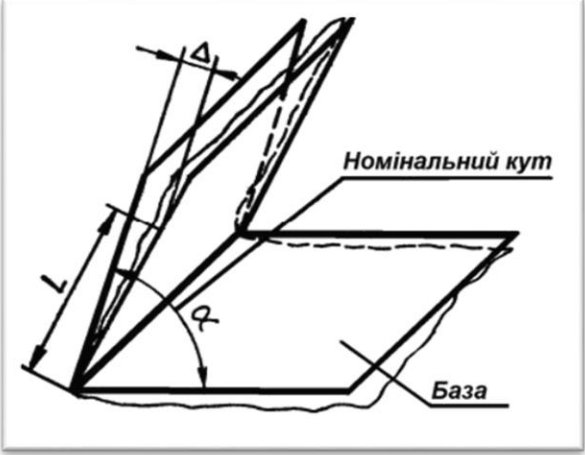


Рисунок 21 – Позиційне відхилення

Воно дорівнює найбільшій відстані  $\Delta$  між реальним розташуванням елемента (його центру, осі або площини симетрії) і його розташуванням у межах нормованої ділянки.

Відхилення нахилу – відхилення кута між площиною і базовою площиною або базовою віссю від номінального кута, яке визначається в лінійних одиницях  $\Delta$  на довжині нормованої ділянки (рисунок 22).

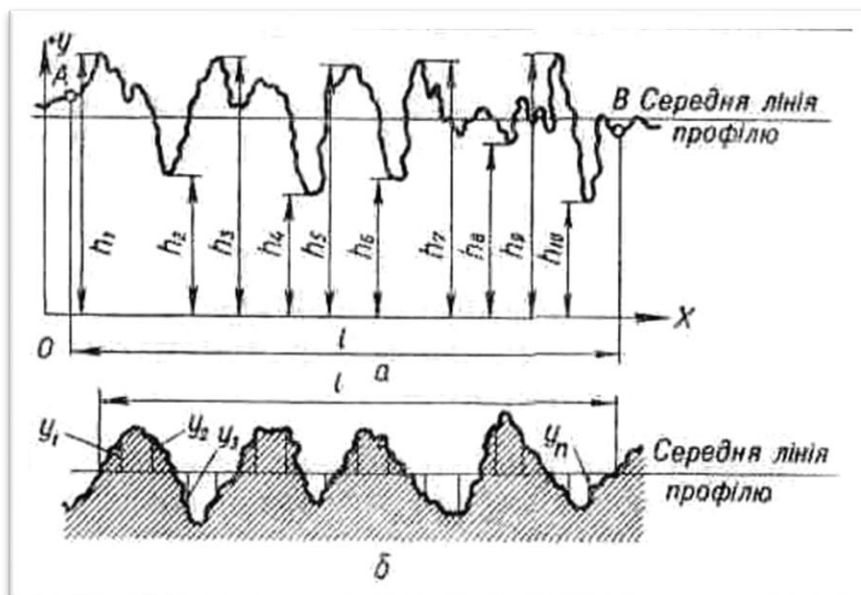
Продовження таблиці А.1

1	2	3
		 <p data-bbox="794 741 1251 775">Рисунок 22 – Відхилення нахилу</p>

ДО11 Шорсткість поверхонь

При будь-якому методі обробки деталей (обпилювання, свердління тощо) їхня поверхня не буває ідеально гладенькою. Завжди залишаються деякі нерівності.

Критеріями шорсткості поверхонь встановлено два основних параметри: середнє арифметичне відхилення профілю  $R_a$ , яке характеризує середню висоту всіх нерівностей профілю; висоту нерівностей профілю за десятьма точками  $R_z$ , що характеризує середню висоту найбільших нерівностей профілю (рисунок 23).



а – висота  $R_z$  мікронерівностей;  
б – середнє арифметичне відхилення  $R_a$  профілю

Рисунок 23 – Шорсткість поверхонь

Числові значення параметрів  $R_a$  і  $R_z$  наведено в спеціальних таблицях стандартів.

Шорсткість поверхонь позначають на кресленні для всіх виконуваних за даним кресленням поверхонь деталі незалежно від методів утворення їх, крім поверхонь, шорсткість яких не зумовлена вимогами конструкції. Структуру позначення шорсткості поверхні показано на рисунку 23, а.

Знаки, якими позначають шорсткість поверхні при різних способах обробки, показано на рисунку: вид обробки не встановлюється (рисунок 23, б); поверхні дістали зняттям шару матеріалу – точенням, свердлінням тощо (рисунок 23, в); поверхня утворена без зняття шару матеріалу – литтям, куванням тощо (рисунок 23, г). Поверхні, що не обробляються за даним кресленням, позначають цим самим знаком.

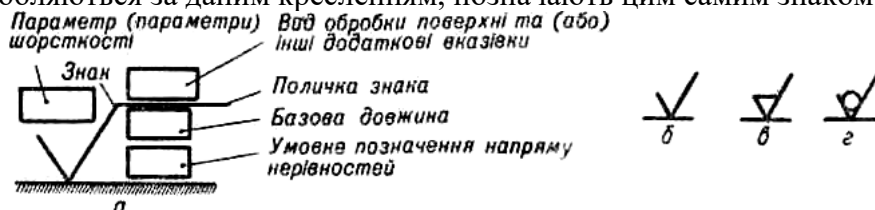


Рисунок 23 – Структура (а) і знаки (б, в, г) позначення шорсткості поверхні

## Продовження таблиці А.1

1	2	3
		<p>Параметр шорсткості <math>R_a</math> показують при позначенні без символу, наприклад 0,5, а параметр <math>R_z</math> – із символом, наприклад <math>R_z32</math>. Значення шорсткості дається в мікрометрах (мкм).</p> <p>Шорсткість поверхні деталей контролюють спеціальними приладами: профілометрами і профілографами, а також еталонами шорсткості поверхні. Профілометри характеризують шорсткість поверхні за числовими параметрами: середнім арифметичним відхиленням профілю <math>R_a</math> і висотою нерівностей профілю <math>R_z</math>.</p> <p>Профілографи зображують профіль поверхні, що контролюється, у такому масштабі, щоб можна було безпосередньо виміряти елементи профілю. За еталонами шорсткість контролюють порівнянням.</p>

ДО12	Поняття про метрологію	<p>Вимірювання є одним із шляхів пізнання природи людиною, що поєднує теорію з практичною діяльністю людини. Вони є основою наукових знань, служать для обліку матеріальних ресурсів, забезпечення потрібної якості продукції, взаємозамінності деталей і вузлів, вдосконалення технології, автоматизації виробництва, стандартизації, охорони здоров'я і забезпечення безпеки праці і для багатьох інших галузей людської діяльності. Вимірювання кількісно характеризують оточуючий матеріальний світ, розкриваючи діючі в природі закономірності. Про це дуже образно сказав основоположник вітчизняної метрології Дмитро Іванович Менделєєв: «Наука починається... з тих пір, як починають вимірювати». Відомим є аналогічне висловлювання й основоположника англійської метрології Томсона: «Кожна річ відома лише тією мірою, якою її можна виміряти».</p> <p>У всьому світі щоденно здійснюються сотні, тисячі мільярдів вимірювань. В інтересах кожної країни, у взаєминах між країнами необхідно, щоб результати вимірювань однакових величин, отримані в різних місцях і за допомогою різних вимірювальних засобів, були б відтворювані на рівні потрібної точності.</p> <p>У першу чергу, для цього необхідна одноманітність одиниць фізичних величин і мір, що здійснюють речовинне їх відтворення. Забезпечення високого ступеня одноманітності засобів вимірювання є однією з умов забезпечення відтворюваності результатів вимірювань.</p> <p>Питаннями теорії та практики забезпечення однаковості вимірювань займається метрологія.</p> <p>Метрологія служить теоретичною основою вимірювальної техніки. І чим більше розвивається вимірювальна техніка, тим більшого значення набуває метрологія, яка створює і вдосконалює теоретичні основи вимірювань, узагальнює практичний досвід у галузі вимірювань і спрямовує розвиток вимірювальної техніки.</p> <p>Для того щоб дізнатися результат обробки деталі, визначити, який при цьому отримано розмір і чи відповідає він вимогам креслення, необхідно виміряти цю деталь (рисунок 24).</p> <div data-bbox="762 1435 1283 1809" data-label="Image"> </div> <p>Рисунок 24 – Вимірювання деталі штангенциркулем після обробки</p> <p>Вимірювати почали здавна, і з кожним роком значення вимірювань підвищувалося. Людство далеко пішло в техніці вимірювання.</p>
------	------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Користуючись сучасними методами, вчені точно вимірюють властивості речей і явищ. Ці вимірювання є одним із засобів опанування природою, підкорення її нашим потребам.

Старі засоби вимірювань (палиця, тінь, мотузка, камінь – рисунок 25) замінилися новими.



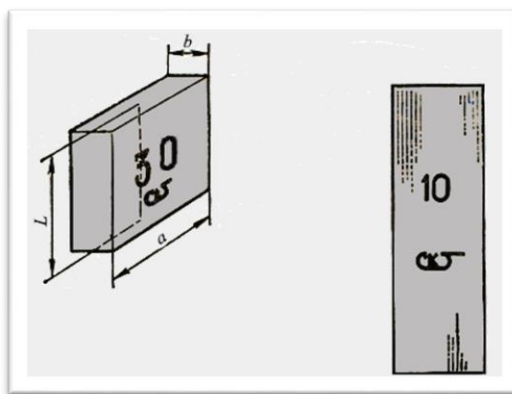
Рисунок 25 - Старі засоби вимірювань

Засіб, за допомогою якого виконують вимірювання, так і називають – засіб вимірювання, він має нормовані метрологічні властивості. Значення величини, яке виявили вимірюванням, називають результатом вимірювання.

Засоби вимірювання здавна прийнято поділяти на три основні види: міри, вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої.

Міри поділяють на однозначні і багатозначні. Однозначна міра відтворює величину одного розміру.

Багатозначна міра відтворює ряд однойменних величин різного розміру. Наприклад, лінійка зразкова відтворює своїми поділками багато лінійних розмірів на своїй шкалі. Кутовий лімб відтворює багато куткових розмірів на своїй шкалі.



а - довжина основи; b - ширина основи  
Рисунок 26 – Кінцева міра довжини

## Продовження таблиці А.1

1	2	3
		 <p data-bbox="651 651 1398 719">а - з гострою вершиною; б - зі зрізаною вершиною; в - чотирикутна плитка</p> <p data-bbox="794 723 1254 757">Рисунок 27 – Кутові міри-плитки</p> <p data-bbox="520 797 1485 902">Отже, міра відтворює величини, значення яких пов'язані з прийнятою одиницею цієї величини певним відомим співвідношенням. Міра – це основа вимірювань.</p>

ДО13	Вимірювальні інструменти й вимірювальні пристрої	<p>Спочатку одиниці фізичних величин обиралися довільно, без певного зв'язку одна з одною, що спричиняло великі труднощі. Значну кількість довільних одиниць однієї і тієї самої величини ускладнювало порівняння результатів вимірювань, здійснених різними спостерігачами.</p> <p>У кожній країні, а іноді навіть у кожному місті створювалися свої одиниці. Переведення одних одиниць в інші було дуже складним і призводило до істотного зниження точності результатів вимірювань.</p> <p>Окрім зазначеного розмаїття одиниць, яке можна назвати «територіальним», існувало розмаїття одиниць, застосовуваних у різних галузях науки, техніки, промисловості тощо.</p> <p>Наявність низки систем одиниць вимірювання фізичних величин і велика кількість позасистемних одиниць, незручності, які виникають на практиці у зв'язку з перерахунками під час переходу від однієї системи до іншої, викликали необхідність створення єдиної універсальної системи одиниць, яка б охоплювала всі галузі науки і техніки і була б прийнята в міжнародному масштабі.</p> <p>У 1960 р. XI Генеральна конференція щодо мір і вагів прийняла нову систему, назвавши її Міжнародна система одиниць (System International) із скороченим позначенням «SI», українською «СІ».</p> <p>Потреба в єдиній Міжнародній системі одиниць настільки значна, а переваги її такі переконливі, що ця система упродовж короткого часу набула широкого міжнародного визнання і поширення.</p> <p>Міжнародна організація зі стандартизації (ІСО) прийняла у своїх рекомендаціях з одиниць Міжнародну систему одиниць.</p> <p>Організація об'єднаних націй з освіти, науки і культури (ЮНЕСКО) закликала всі країни – члени організації – прийняти Міжнародну систему одиниць.</p> <p>Міжнародна організація законодавчої метрології (МОЗМ) рекомендувала державам – членам організації – ввести Міжнародну систему одиниць у законодавчому порядку і градувати в одиницях СІ всі вимірювальні пристрої.</p> <p>Міжнародна система одиниць увійшла в рекомендації з одиниць Міжнародної спілки чистої та прикладної фізики, Міжнародної електротехнічної комісії, Міжнародної газової спілки й інших міжнародних організацій.</p> <p>Для вимірювання лінійних розмірів у системі СІ прийняті такі одиниці вимірювань: метр (м), міліметр (мм), мікромметр (мкм). Для вимірювання кутових розмірів – градус (°), хвилина ('), секунда (").</p> <p>Лінійка вимірювальна металева. Лінійка вимірювальна являє собою гнучку сталю смугу з нанесеною на ній прямою шкалою з ціною поділки 1 мм. Лінійки виготовляють зі шкалами від 0 до 150 мм, від 0 до 300 мм, від 0 до 500 мм і від 0 до 1000 мм. Початком шкали лінійки є площина торця смуги; торець розташований перпендикулярно поздовжньому ребру смуги. З торцем збігається середина нульового штриха шкали. Кінець штрихів шкали виходить на поздовжнє ребро. Кожний 5-й і 10-й штрих шкали подовжений, кожний 10-й – із цифрою, яка показує відстань у сантиметрах від цього штриха до початку шкали. Другий кінець смуги закруглений і має отвір для підвішування лінійки.</p> <p>Металева лінійка дозволяє безпосередньо здобути значення вимірюваної величини.</p>
------	--------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

На рисунку 28 показано прийоми визначення міжосьової відстані отворів. Якщо отвори однакового діаметра (рисунок 28, а), то можна виміряти лінійкою відстань  $m$ , яка дорівнює міжосьовій відстані.

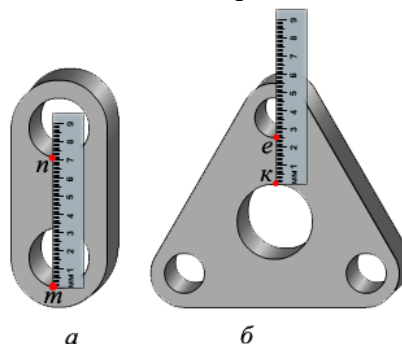


Рисунок 28 – Прийоми вимірювань металевою лінійкою  
У разі різних діаметрів отворів (рисунок 28, б) лінійкою вимірюється відстань  $e_k$  між найближчими точками отворів і до неї додається сума розмірів радіусів великого й малого отворів.

Кронциркуль. Кронциркуль служить для вимірювання розмірів зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей (рисунок 29, 30).

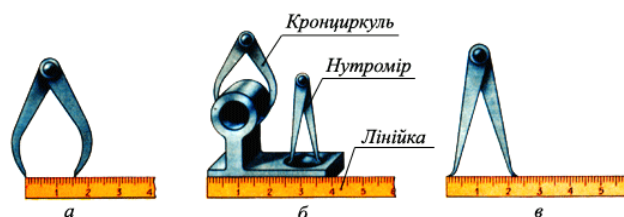


Рисунок 29 – Вимірювання зовнішніх розмірів деталі кронциркулем



Рисунок 30 – Вимірювання внутрішніх розмірів деталі кронциркулем

Криволінійна форма ніжок із загнутими всередину кінцями дозволяє зручно вимірювати діаметри поверхонь обертання (рисунок 31, б).



## Рисунок 31 – Прийоми вимірювань кронциркулем і нутроміром

Нутромір. Нутромір застосовують переважно для вимірювання розмірів внутрішніх поверхонь. Ніжки нутроміра прямі з відігнутими зовні кінцями (рисунок 31, б, в).

При користуванні кронциркулем і нутроміром у жодному разі не виконувати вимірювання із зусиллям: інструмент має проходити вимірювані місця вільно під дією власної ваги. На рисунку 31, б показано вимірювання кронциркулем діаметра циліндричної частини деталі, а нутроміром – діаметра отвору в основі цієї деталі. Лінійкою визначають розміри основи деталі. Значення вимірних кронциркулем і нутроміром величин визначають шляхом перенесення їх на лінійку (рисунок 31, а, в).

Вимірювання деталей кронциркулем, нутроміром і лінійкою не дають великої точності. Точність вимірювання цими інструментами при певному досвіді сягає 0,5 мм (рисунок 32).



Рисунок 32 – Читання показань при вимірюванні кронциркулем

Багато деталей мають криволінійні обриси. У таких випадках форму і розміри контуру цих деталей можна визначити вимірюванням координат його точок за допомогою рейсмуса. Під час вимірювання координат точок рейсмус і вимірювану деталь установлюють на гладкій рівній поверхні (розмічальній плиті). Пересуваючи стрижень рейсмуса по лінійці вгору або донизу і приводячи його гострий кінець у зіткнення з якоюсь точкою кривої, можна визначити координати цієї точки. Узявши за початок координат нульову поділку лінійки-рейсмуса, можна за її шкалою знайти координати  $B_1, B_2, B_3$ , а за шкалою стрижня – координати  $A_1, A_2, A_3$ . Точніше координати точок можуть бути визначені за допомогою штангенрейсмуса, який обладнаний ноніусом (рисунок 4.33).

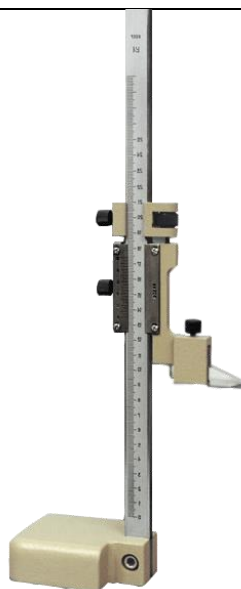
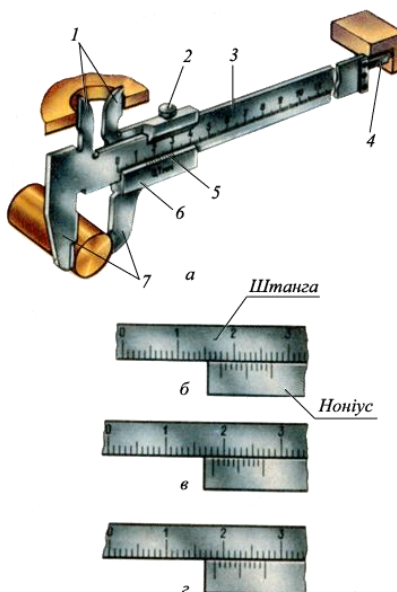


Рисунок 33 – Штангенрейсмус

Штангенциркуль ШЦ-1 (рисунок 34, а). Штангенциркулем називають засіб для вимірювання лінійних розмірів, заснований на штанзі 3, на якій нанесено шкалу з ціною поділки 1 мм. Штангою 3 пересувається рамка 6 із допоміжною шкалою-ноніусом 5. Штангенциркуль обладнаний губками для зовнішніх вимірювань 7 і для внутрішніх вимірювань 1, а також затиском 2. До рамки 6 прикріплено лінійку глибиноміра 4.



а – вимірювання елементів деталей штангенциркулем ШЦ-1;  
 б – розмір вимірювальної величини 18 мм; в – розмір вимірювальної величини 18,2 мм; г – розмір вимірювальної величини 18,4 мм; 1 – губки для внутрішніх вимірювань; 2 – затиск; 3 – штанга; 4 – лінійка глибиноміра; 5 – шкала-ноніус; 6 – рамка; 7 – губки для зовнішніх вимірювань

Рисунок 34 – Штангенциркуль ШЦ-1

Ноніус 5 (рисунок 34, б) служить допоміжною шкалою, яка дозволяє відлічувати частки поділки шкали штанги. Він наноситься на скошеній поверхні рамки або від подільної пластинки, закріпленої у вікні рамки.

Ноніус має десять рівних поділок 9 мм, тобто кожна поділка ноніуса менше поділки штанги на 0,1 мм. При зіткнутих губках нульові поділки штанги і ноніуса збігаються.

При вимірюванні зовнішнього діаметра циліндричної деталі (рисунок 34) вона дещо затискається губками 7, рамка з ноніусом закріплюється на шкалі гвинтом 2, а за шкалами штанги і ноніуса виконується обчислення.

При діаметрі деталі, що дорівнює 18 мм, нульова поділка ноніуса точно збігається з вісімнадцятою поділкою штанги (рисунок 4.11, б).

Якщо діаметр деталі дорівнює 18,2 мм, то нульову поділку ноніуса буде зсунуто вправо від вісімнадцятої поділки штанги на 0,2 мм, а отже, друга поділка ноніуса збігається із двадцятою поділкою штанги (рисунок 434). При величині діаметра деталі 18,4 мм четверта поділка збігається з двадцять другою поділкою штанги (рисунок 34, г).

Таким чином, щоб установити розмір вимірюваної величини, необхідно визначити за лінійкою штанги ціле число міліметрів, а за ноніусом число десятих часток міліметрів. Десятих часток міліметрів буде стільки, скільки можна відрахувати поділок ноніуса від його нульового штриха до його найближчого штриха, що збігається з яким-небудь штрихом штанги (рисунок 35).

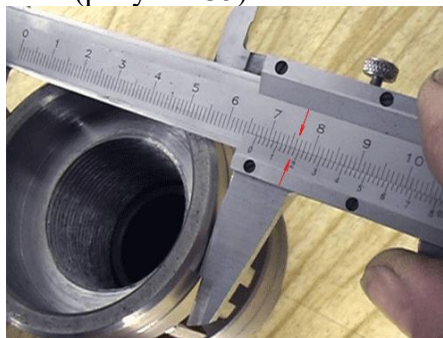


Рисунок 35 – Розмір, отриманий при вимірюванні штангенциркулем, дорівнює 67,18 мм

Вимірювання діаметра отвору виконується за допомогою вимірювальних губок 1 (рисунок 36).



Рисунок 36 – Вимірювання отвору деталі

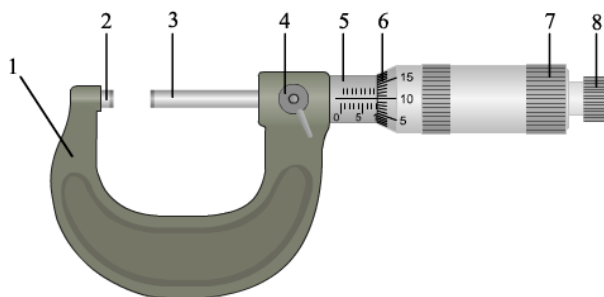
У пазу зі зворотного боку штанги 3 розташована вузька лінійка глибиноміра 4, жорстко з'єднана з рамкою 6. При зімкнутому положенні губок торіць глибиноміра збігається з торцем штанги. При вимірюванні глибини отвору або уступу в деталі торіць штанги упирається в торіць деталі, а глибиномір за допомогою рамки

пересувається до упора в дно отвору або границю уступу. Розмір вимірної глибини визначається за поділками штанги і ноніуса (рисунок 37).



Рисунок 37 – Вимірювання розміру глибини деталі

Мікрометр гладкий (рисунок 38). Основою мікрометра є скоба 1, а передавальним (перетворювальним) пристроєм служить гвинтова пара, що складається з мікрометричного гвинта 3 і мікрометричної гайки, закріпленої всередині стебла 5, які часто називають мікропарою. У скобу 1 запресовані п'ятка 2 і стебло 5. Вимірювана деталь охоплюється вимірювальними поверхнями мікрогвинта 3 і п'ятки 2. Барабан 6 приєднаний до мікрогвинта 3 корпусом тріскачки 7. Для наближення мікрогвинта 3 до п'ятки 2 його обертають за барабан або за тріскачку 8 за годинниковою стрілкою (від себе), а для видалення мікрогвинта від п'ятки його обертають проти годинникової стрілки (на себе). Закріплюють мікрогвинт у потрібному положенні стопором 4.



1 – скоба; 2 – п'ятка; 3 – мікрометричний гвинт; 4 – стопор;  
5 – стебло; 6 – барабан; 7 – корпус тріскачки; 8 – тріскачка

Рисунок 38 – Мікрометр гладкий

При щільному зіткненні вимірювальних поверхонь мікрометра з поверхнею вимірюваної деталі тріскачка прокручується з легким тріском, при цьому обмежується вимірювальне зусилля мікрометра. Результат вимірювання розміру мікрометром відраховується як сума відліків за шкалою стебла 5 і барабана 6. Слід пам'ятати, що ціна поділки шкали стебла становить 0,5 мм, а шкали барабана – 0,01 мм. Крок різі мікропари (мікрогвинт і мікрогайка)  $P = 0,5$  мм.

Кількість поділок барабана – 50. Якщо зрушити барабан на одну поділку його шкали, то торець мікрогвинта переміститься відносно п'ятки на 0,01 мм, оскільки  $0,5 \text{ мм} : 50 = 0,01 \text{ мм}$ .

Показання за шкалами гладкого мікрометра відлічують у такому порядку: спочатку за шкалою стебла 5 читають значення штриха,

найближчого до торця скоса барабана 6 (на рисунок 4.16 – це число 15,00 мм). Далі за шкалою барабана читають значення штриха, найближчого до поздовжнього штриха стебла (на рисунок 4.16 – це число 0,20 мм). Додавши обидва значення, отримують показання мікрометра (на рисунок 39 – це значення 15,20 мм).

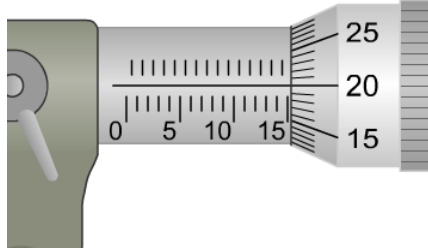


Рисунок 39 – Відлік показань за шкалами гладкого мікрометра

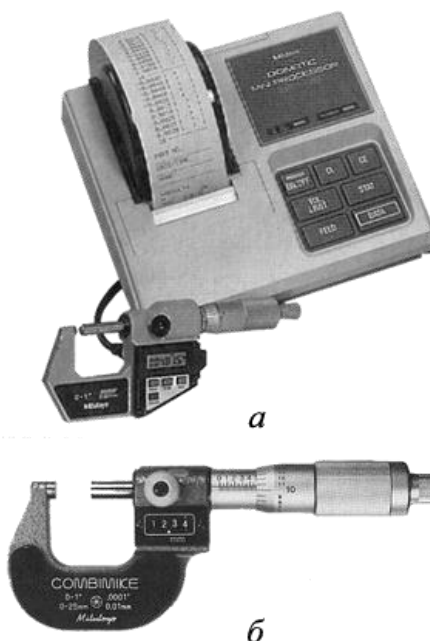
Діапазони вимірювання гладкого мікрометра: від 0...25 мм; 25...50 мм тощо до 275...300 мм, далі 300...400; 400...500 і 500...600 мм.

До мікрометрів із нижньою границею понад 25 мм додають встановлювальні міри для перевірки нульового положення. Мікрометри з верхньою границею понад 300 мм мають змінну або пересувну п'ятку для збільшення діапазону вимірювань до 50 мм (рисунок 40).



Рисунок 40 – Мікрометри типу МК

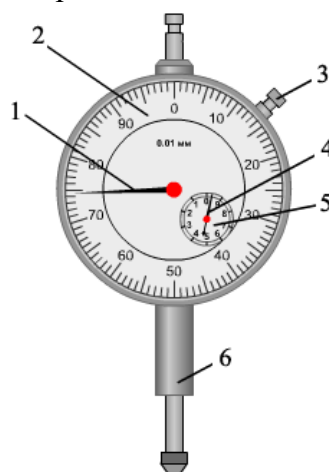
Для підвищення зручності і прискорення відліку показання мікрометра випускаються накладні пристрої з точністю 0,01 мм, такі як комбінований мікрометр гладкий (дюйм/метр) із цифровою індикацією й електронний мікрометр з комп'ютером і принтером (рисунок 41).



а – електронний мікрометр з принтером;  
б – комбінований мікрометр гладкий з цифровою індикацією

Рисунок 41 – Накладні пристрої для  
вимірювань із точністю 0,01 мм

Індикатор годинникового типу. Індикатор годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм з пересуванням вимірювального стрижня паралельно шкалі призначений для відносних вимірювань зовнішніх розмірів, відхилень форми і розташування поверхонь (рисунок 4.19). Він є також показуючим пристроєм індикаторної скоби, індикаторного глибиноміра й індикаторного нутроміра. На лицьовому боці циферблата індикатора є дві стрілки і дві шкали; велика стрілка 1 над оцифрованою круговою шкалою 2 і мала стрілка 4 над відліковою шкалою 5. Кругова шкала має ціну поділки 0,01 мм, а мала шкала – 1 мм. Пересування вимірювального стрижня  $b$  на 1 мм викликає поворот стрілки 1 на 100 поділок (один повний оберт), а стрілки 4 на одну поділку. Шкала 2 індикатора разом із обідком при установці шкали на нульову поділку повертається відносно великої стрілки 1 і фіксується стопором 3.



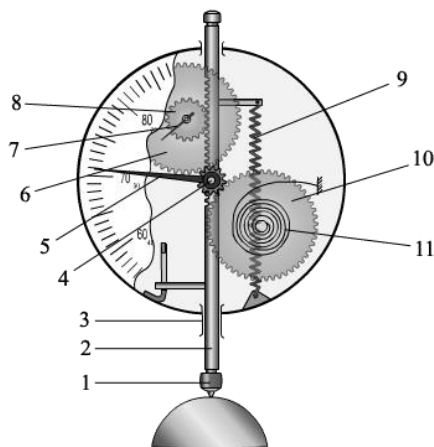
1 – велика стрілка; 2 – шкала індикатора; 3 – стопор; 4 – стрілка;

5 – відлікова шкала; 6 – вимірювальний стрижень

Рисунок 42 – Індикатор годинникового типу

Конструкція індикатора годинникового типу являє собою вимірювальну головку з поздовжнім пересуванням наконечника (рисунок 43). Основою індикатора є корпус, усередині якого змонтовано перетворювальний механізм – рейково-зубчаста передача. Крізь корпус проходить вимірювальний стрижень 2 із наконечником 1. На стрижні нарізано рейку. Рухи вимірювального стрижня-рейки 2 передаються зубчастими колесами – рейковим 8, передавальним 6 і трибкою 4 основній стрілці 5, величина повороту якої відлічується за круглою шкалою – циферблатом. Для установки на «0» кругла шкала повертається обідком.

Кругла шкала індикатора годинникового типу складається зі 100 поділок, ціна кожної поділки – 0,01 мм. Це означає, що при пересуванні вимірювального наконечника на 0,01 мм стрілка індикатора перейде на одну поділку шкали.



1 – наконечник; 2 – вимірювальний стрижень-рейка; 3 – гільза;  
4 – трибка; 5 – стрілка; 6 – передавальне зубчасте колесо; 7 – стрілка; 8 – зубчасте рейкове колесо; 9 – пружина; 10 – зубчасте колесо; 11 – пружинний волосок

Рисунок 43 – Пристрій індикатора годинникового типу

Загальна структура засобів вимірювань. Конструкція переважної більшості засобів вимірювання складається з послідовно розташованих елементів і пристроїв, кожен з яких у цій послідовності виконує певне завдання під час вимірювання. Для того щоб у подальшому у процесі вивчення засобів вимірювання було легше уявити їх дію, розглянемо стисло ці пристрої та їх призначення (ГОСТ 16263–70).

Наприклад, штанга штангенциркуля (рисунок 44), скоба мікрометра (рисунок 45), корпус індикатора годинникового типу (рисунок 46).

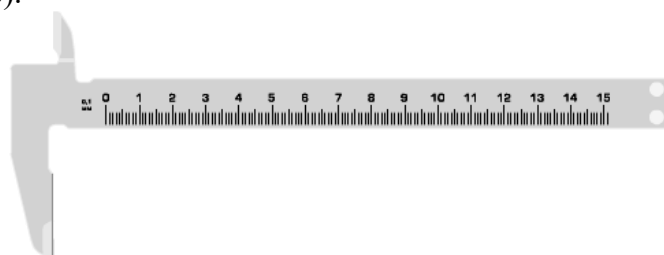


Рисунок 44 – Штанга штангенциркуля



Рисунок 45 – Скоба мікрометра

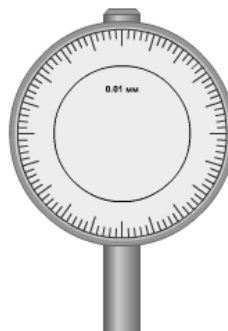


Рисунок 46 – Корпус індикатора годинникового типу



Рисунок 47 – Вимірювальний наконечник індикатора

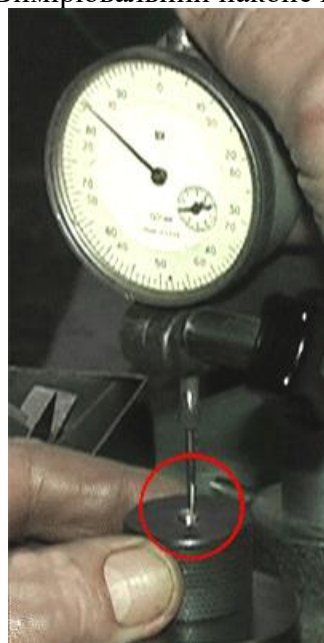


Рисунок 48 – Сприймальний елемент індикатора

Упродовж останнього часу поширюються засоби вимірювання з цифровими відліковими пристроями, наприклад, ноніус

## Продовження таблиці А.1

1	2	3
		<p data-bbox="518 257 1484 369">штангенциркуля (рисунок 49), кругла шкала індикатора і стрілка (рисунок 50), цифрове табло пристрою з цифровою індикацією (рисунок 51).</p> <div data-bbox="850 369 1193 689" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="762 689 1284 728">Рисунок 49 – Ноніус штангенциркуля</p> <div data-bbox="754 757 1289 1137" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="742 1137 1305 1176">Рисунок 50 – Шкала індикатора і стрілка</p> <div data-bbox="906 1176 1136 1608" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="753 1608 1294 1646">Рисунок 51 – Цифрове табло пристрою</p> <p data-bbox="518 1680 1484 1825">Залежно від призначення і принципу дії конкретного засобу вимірювання в його конструкції використовуються ті чи інші комплекси цих пристроїв і елементів, які складають структуру цього засобу вимірювання.</p>

ДО14	Похибки вимірювань	<p>Причин, що призводять до появи похибок при вимірюваннях, надзвичайно багато. Вони зумовлені: недостатнім знанням властивостей досліджуваного об'єкта; недосконалістю методів та засобів вимірювань, властивістю вимірювального об'єкта; динамічними умовами вимірів; похибкою шкали; округленням результатів вимірювання впливом навколишнього середовища тощо. Звичайно, одним з основних завдань при проведенні будь-якого вимірювання є виявлення та усунення причин та завад, що призводять до появи похибок. Аналізуючи причини виникнення похибок, необхідно виділяти ті, які най більш істотно впливають на результат вимірів.</p> <p>В залежності від причин всі похибки розподілені на групи.</p> <p>Похибки методу вимірювання - спричинені недосконалістю цього методу, а також недостатністю обґрунтування його теорії, застосуванням наближених формул для спрощення розрахунків тощо.</p> <p>Інструментальні похибки – складова похибок вимірювання – зумовлена недосконалістю засобів вимірювальної техніки. Ця похибка також може бути обумовлена конструктивними та технологічними недоліками. Наприклад, через неточність виготовлення та нестабільності елементів засобів вимірювальної техніки, неправильне градування шкали приладу тощо.</p> <p>Суб'єктивні (особисті) похибки – як правило, є наслідком особистих властивостей спостерігача (експериментатора), які зумовлені особливостями його організму (недосконалість зору, втомленість тощо).</p> <p>Основна похибка – похибка, яка виникає за нормальних умов застосування засобів вимірювальної техніки. Ця похибка нормується і вказується у відповідних документах (технічному паспорті, формулярі).</p> <p>Додаткова похибка – обумовлюється відхиленням однієї чи декількох впливових величин (температури, тиску, вологості тощо) від нормального значення. Значення додаткової похибки, як і основної, нормується і вказується у відповідних технічних документах.</p> <p>Систематична похибка – складова похибки, яка залишається сталою або закономірно змінюється при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини. Вони зумовлені впливом на результат вимірювання багатьох факторів, дію яких не усунуто та не прийнято до уваги. Ці фактори можуть бути або постійно діючими, або закономірно змінюватись. На практиці повне усунення систематичних похибок неможливе, отже, результат будь-якого вимірювання містить залишки не виключених систематичних похибок.</p> <p>Випадкова похибка – це та складова похибки, яка за повторних вимірювань однієї й тієї ж величини, проведених за допомогою одного й того ж приладу, в однакових умовах, з однаковою старанністю, дасть результати спостережень, що мають відрізнитись один від одного. Це вказує на те, що при багаторазових вимірюваннях результати спостережень та їх похибки є випадковими величинами. Іншими словами, результат будь-якого вимірювання «обтяжений» випадковими похибками.</p>
------	--------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Продовження таблиці А.1

1	2	3
Кінець таблиці А1		<p>Груба похибка – це похибка вимірювання, яка істотно перевищує очікувану за даних умов похибку.</p> <p>Статична похибка – похибка при вимірюванні постійної в часі величини. Наприклад, похибка вимірювання постійного струму тощо.</p> <p>Динамічна похибка – різниця між похибкою в динамічному режимі (похибка при вимірюванні змінної в часі величини) і статичною похибкою, яка відповідає значенню вимірюваної величини у відповідний момент часу.</p> <p>Абсолютна похибка вимірювання – це алгебраїчна різниця між отриманим при вимірюванні значенням та істинним значенням вимірюваної величини:</p> $\Delta X = X_{\text{в}} - X$ <p>де <math>\Delta X</math> - абсолютна похибка вимірювання; <math>X_{\text{в}}</math> - результат вимірювання; <math>X</math> - істинне значення вимірюваної величини.</p> <p>Оскільки істинне значення вимірюваної величини невідоме, то його замінюють на дійсне (яке має бути наближеним до істинного). Таким чином, <math>\Delta X</math> визначається:</p> $\Delta X = X_{\text{в}} - X_{\text{д}}$ <p>де <math>X_{\text{д}}</math> - дійсне значення вимірюваної величини.</p> <p>Абсолютна похибка визначається в одиницях величини, яка вимірюється.</p> <p>Відносна похибка - відношення абсолютної похибки вимірювання до істинного значення вимірюваної величини:</p> $\Delta x = \Delta X / X * 100\%$

ДОДАТОК Б  
(обов'язковий)

«Фрагмент спроектованого навчального посібника»

**ТЕМА 2.**

**СИСТЕМА ДОПУСКІВ ТА ПОСАДОК ЄСДП СЕВ**

Питання теми:

- 2.1. Система допусків і посадок
- 2.2. Утворення і позначення полів допусків і посадок на кресленнях
- 2.3. Принципи і методи вибору допусків та посадок

**Ключові слова:** допуск, посадка, ЄСДП СЕВ, поле допуску, система отвору, система вала, основні відхилення, квалітет, допуск, посадка

## 2.1. Система допусків і посадок



*Системою допусків і посадок називається сукупність рядів допусків і посадок, закономірно побудованих на основі досвіду, теоретичних і експериментальних досліджень і оформлених у вигляді стандартів.*

Змінюючи величину допуску для отвору і вала або розташування полів допусків отворів і валів щодо номінального розміру, ми можемо варіювати величинами зазорів і натягу в з'єднанні.

З метою впорядкування величин допусків на виготовлення деталей, а також величин зазорів і натягів, розроблена міжнародна система допусків і посадок для гладких з'єднань.

На сьогодні в більшості країн світу і в Україні використовують міжнародні системи допусків і посадок (ISO). Системи ISO створені для можливої уніфікації національних систем допусків і посадок і полегшення міжнародних технічних зв'язків. Включення в національні стандарти стандартів і рекомендацій ISO створює передумови взаємозамінності однотипних деталей, що випускаються в різних країнах.

В основу побудови системи допусків і посадок покладено шість ознак:

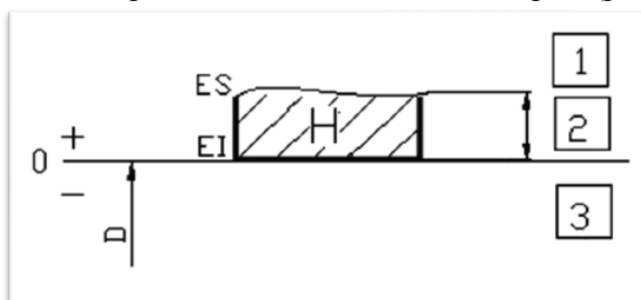
- 1 Основа системи.
- 2 Розташування полів допусків основної деталі відносно нульової лінії.
- 3 Ряди основних відхилень.
- 4 Формування допуску:
  - квалітет (ступінь точності);
  - одиниця допуску.
- 5 Градація інтервалів розмірів.
- 6 Нормальна температура.

**Основа системи.** Встановлено дві рівноправні системи: система отвору і система вала.



**Системою отвору (СО)** називають сукупність посадок, при яких для заданого номінального розміру розташування поля допуску отвору залишається незмінним, а характер з'єднання деталей міняється за рахунок зміни розташування поля допуску вала.

Посадки в системі отвору – посадки, в яких різні зазори і натяги отримують з'єднанням різних валів з основним отвором (рисунок 2.1).



- 1 – поле допуску вала для формування посадки з гарантованим натягом;
- 2 – поле допуску вала для формування перехідної посадки;
- 3 – поля допуску вала для формування посадки з гарантованим зазором.

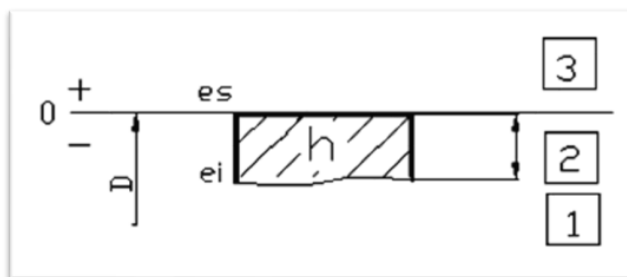
Рисунок 2.1 – Розташування полів допусків у системі отвору

Основний отвір – отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю. Позначається буквою *H* латинського алфавіту. Поле допуску основного отвору прилягає до номінального розміру нижнім відхиленням (*EI*) і поширюється в плюс від номінального розміру, в тіло деталі.



**Системою вала (СВ)** називають сукупність посадок, при яких для заданого номінального розміру розташування поля допуску вала залишається незмінним, а характер з'єднання деталей змінюється за рахунок зміни розташування поля допуску отвору.

Посадки в системі вала – посадки, в яких різні зазори і натяги отримують з'єднанням різних отворів з основним валом (рисунок 2.2).



- 1 – поле допуску отвору для формування посадки з гарантованим натягом;
- 2 – поле допуску отвору для формування перехідної посадки;
- 3 – поле допуску отвору для формування посадки з гарантованим зазором.

Рисунок 2.2 – Розташування полів допусків у системі вала

Основний вал – вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю, позначається буквою  $h$ . Поле допуску основного валу прилягає до номінального розміру верхнім відхиленням і поширюється в мінус від номінального розміру в тіло деталі.

Посадки з однаковим характером з'єднання для заданого номінального розміру можна отримати як у системі отвору, так і в системі вала.

Вибір системи отвору або системи вала для заданого характеру з'єднання визначається, виходячи з конструктивних, технологічних і економічних міркувань.

Система отвору є переважною, оскільки номенклатура різального і вимірювального інструментів буде меншою, ніж у разі застосування системи вала.

Так, у серійному і масовому виробництвах для обробки отворів використовують свердла, зенкери, розгортки, протяжки і ін. Кожен з перелічених інструментів може бути призначений для обробки отворів лише одного розміру, тоді як різні за діаметром вали можна обробляти одним і тим же різцем або шліфувальним кругом.

Вибираючи систему отвору, ми маємо можливість зменшити номенклатуру інструменту. У зв'язку з цим використання системи отвору економічно доцільніше і при виборі основи системи їй слід надавати перевагу.

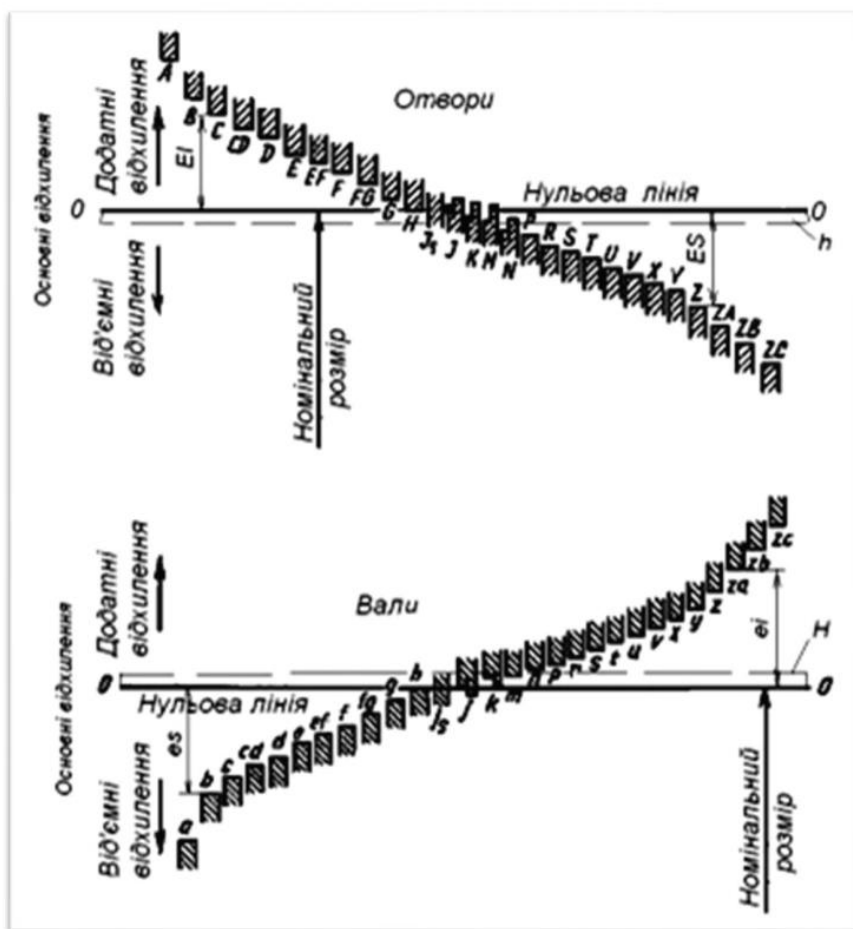
Проте в деяких випадках, виходячи з конструктивних міркувань, використовують систему вала.



В окремих випадках деталі типу осей або валів можуть виготовлятися з каліброваного круглого прокату і не оброблятися по зовнішньому діаметру. У з'єднанні з такими деталями доцільне використання системи вала.

Приєднувальні розміри деяких стандартних виробів: зовнішній діаметр підшипника, зів гайкового ключа, вихідний вал електродвигуна і інше – виконуються в системі вала.

**Ряди основних відхилень.** Міжнародною системою допусків і посадок для кожного номінального розміру деталі передбачено два граничні відхилення – верхнє і нижнє. Розташування поля допуску щодо номінального розміру визначається основним відхиленням, за яке приймається одне з двох граничних відхилень деталі, розташоване ближче до нульової лінії. Для умовного позначення основних відхилень отворів і валів використовуються букви латинського алфавіту, прописні для отворів і рядкові для валів (рисунок 2.3).



- Н - основне відхилення основного отвору;  
 a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g - основні відхилення валів рекомендуються для утворення посадок із зазором в системі отвору;  
 js, j, k, m, n - основні відхилення валів рекомендуються для утворення посадок перехідних в системі отвору;  
 p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc - основні відхилення валів рекомендуються для утворення посадок з натягом в системі отвору;  
 h - основне відхилення основного вала;  
 A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G - основні відхилення отворів що рекомендуються для утворення посадок із зазором в системі вала;  
 JS, J, K, M, N - основні відхилення отворів що рекомендуються для утворення посадок перехідних в системі вала;  
 P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC - основні відхилення отворів що рекомендуються для утворення посадок з натягом в системі вала.

Рисунок 2.3 – Схема розташування основних відхилень

Відхилення А - Н (а - h) призначені для утворення полів допусків у посадках із зазором, відхилення JS - N (js - n) – в перехідних посадках, відхилення P – ZC (p - zc) – в посадках з натягом.

Основні відхилення отворів побудовано так, щоб забезпечити посадки в системі вала аналогічно посадкам в системі отвору. Вони рівні за абсолютною величиною, протилежні за знаком і позначені тією ж буквою;

EI = - es... для отворів від А до Н

ES = - ei... для отворів від J до ZC

**Формування допуску.** Кожен розмір деталі характеризується номінальним розміром і необхідною точністю його виконання.

Допуск на виготовлення деталей однакового номінального розміру, але різного ступеня точності не може бути однаковим. Чим вища вимога до точності виготовлення деталей, тим меншою має бути величина допуску на його виконання.

Допуск на виготовлення деталей з різними номінальними розмірами, але при однакових вимогах до точності також не може бути однаковим. Для деталі з більшим номінальним розміром допуск має бути також більшим.

Отже, чисельне значення допуску на розмір деталі має бути функцією і номінального розміру, і необхідної точності виконання.

У міжнародному стандарті для обчислення допуску передбачена така залежність:

$$IT = i \cdot a$$

де  $i$  – одиниця допуску, яка, відображаючи вплив технологічних, конструкторських і метрологічних чинників, функціонально залежить від номінального розміру;  $a$  – кількість одиниць допуску (коефіцієнт точності), яка функціонально залежить від необхідного ступеня точності.

Для гладких з'єднань точність при виготовленні отворів і валів регламентується квалітетами.



**Квалітет** – сукупність допусків, яка характеризується постійною відносною точністю ( $T_D/D = \text{const}$ ) для всіх номінальних розмірів даного діапазону.

Кожному квалітету відповідає певна кількість одиниць допуску – «а».

Величини допуску для отвору і вала одного і того ж номінального розміру і одного квалітету однакові.

ДСТУ 2500-94 для розмірів від 1 до 3150 мм передбачено 20 квалітетів, які позначаються порядковими номерами 01; 0; 1; ...; 18.

Рекомендована сфера застосування квалітетів:

- 0,1; 0; 1 – кінцеві заходи довжини;
- 2 - 4 – вимірювальний інструмент;
- 5 – 13 – розміри спряжуваних деталей у машинобудуванні;
- 5-6 – посадки підшипників прецизійних верстатів, з'єднання контрольних і робочих пристосувань;
- 7-8 – відповідальні з'єднання в автомобілебудуванні, верстатобудуванні, робочих пристосувань (посадки підшипників, центрування шестерень, шківів і інших деталей, що обертаються);
- 9-11 – менш відповідальні з'єднання (кришки підшипників, втулки дистанційні між шестернями на валах і ін.)
- 12-13 – з'єднання, які не вимагають центрування;
- 14-18 – вільні розміри.



**Одиниця допуску** – одиниця точності, що виражає залежність допуску від номінального розміру.

Обчислювати одиницю допуску для кожного номінального розміру недоцільно.

Для квалітетів від 5 до 18 і діаметрів від 1 до 500 мм одиниця допуску визначається з формули:

$$i = 0,45\sqrt[3]{D_{cp}} + 0.001D_{cp}$$

де  $i$  - розрахункове значення одиниці допуску, в мкм;

$D_{cp}$  - середньгеометрична величина інтервалу номінальних розмірів, в мм.

Для розмірів 500...3150 мм і понад 3150...10000 мм  $i=0,004D+2,1$  мкм. Розподіл розмірів на інтервали і застосування для розмірів кожного інтервалу загальної одиниці допуску дозволяють обмежити розмаїтість значень допусків і спрощують таблиці стандартів.

**Інтервали номінальних розмірів.** Діапазон розмірів розбитий на наступні групи:

- до 500 мм;
- від 500 до 3150 мм;
- від 3150 до 10000 мм.

Групи розмірів поділяються на основні і проміжні інтервали. Так, для розмірів до 500 мм, що частіше застосовують у машинобудуванні, встановлено 13 основних інтервалів: від. 1 до 3 мм, понад 3 до 6 мм, понад 6 до 10 мм і т.д. Останній інтервал понад 400 до 500 мм. Починаючи з 10 мм основні інтервали ще розбиті на проміжні. Основні і проміжні інтервали для різних груп розмірів приводяться в таблиці ЄСДП СЕВ.

**За нормальну температуру** в розрахунках посадок і при контролі відповідальних деталей прийнята температура 20 °С. Тому допуски і відхилення, що вказуються в стандартах, відносяться до деталей, розміри яких визначено саме при цій температурі.

## 2.2 Утворення і позначення полів допусків і посадок на кресленнях

Допуски позначаються сполученням великих літер ІТ з порядковим номером квалітету, наприклад:

*IT01, IT5, IT14.*

Поле допуску деталі утворюється сполученням основного відхилення з допуском по одному з квалітетів, позначається сполученням літери (літер) основного відхилення і порядкового номера квалітету, наприклад:

$$g6, d7, H7, H14.$$

Схему утворення полів допусків деталей і посадок в системах отвору і вала, а також комбінованих посадок наведено на рисунку 2.4.

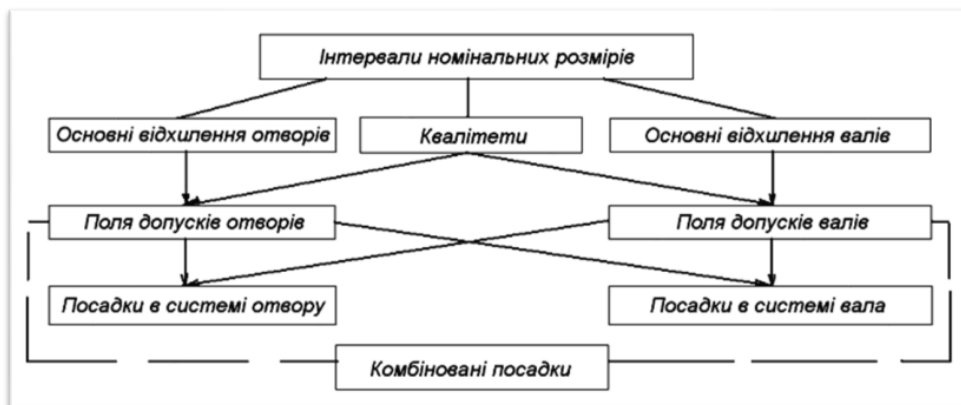


Рисунок 2.4 – Схема утворення полів допусків і посадок

Посадка позначається дробом, у чисельнику якого вказується позначення поля допуску отвору, а в знаменнику – позначення поля допуску вала, наприклад:

$$\frac{H7}{f6} \text{ або } H7/f6$$

Позначення посадки вказується після номінального розміру посадки, наприклад:

$$40 \frac{H7}{f6} \text{ або } 40H7/f6$$

На кресленнях деталей поля допусків можуть позначатися:

- буквеними позначеннями після номінального розміру елемента, наприклад:

$$40g6, \text{ } \varnothing 35r6, \text{ } \varnothing 40H7, 50JS6;$$

## ДОДАТОК В

Анкета для оцінювання навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання»

### **Шановні респонденти!**

Просимо вас взяти участь в оцінюванні якості навчального посібника «Допуски і технічні вимірювання». Ваші відповіді допоможуть

вдосконалити зміст, структуру та оформлення посібника. Анкета анонімна, а її заповнення займе 5-7 хвилин.

**1. Оцініть рівень зрозумілості викладу матеріалу (1 – незрозуміло, 5 – дуже зрозуміло).**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

**2. Як ви оцінюєте науковість та точність інформації в посібнику?**

- Дуже низький рівень
- Низький рівень
- Середній рівень
- Високий рівень
- Дуже високий рівень

**3. Наскільки логічно структурований навчальний матеріал? (1 – нелогічно, 5 – дуже логічно).**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

**4. Чи достатньо наочних матеріалів (схем, рисунків, таблиць) для кращого розуміння теми?**

- Зовсім недостатньо
- Недостатньо
- Достатньо
- Дуже достатньо

**5. Оцініть практичну спрямованість навчального посібника (1 – зовсім непрактичний, 5 – дуже корисний для практики).**

- 1
- 2
- 3

4 5

**6. Наскільки ефективними є завдання для самоконтролю та тестові завдання для перевірки знань?**

 Зовсім неефективні Неефективні Помірно ефективні Ефективні Дуже ефективні

**7. Оцініть дизайн та оформлення посібника (шрифт, кольорові елементи, структура).**

 Дуже поганий Поганий Задовільний Хороший Відмінний

**8. Які розділи чи теми потребують покращення? (Відкрите запитання)**

---

**9. Що, на вашу думку, є найсильнішою стороною цього посібника? (Відкрите запитання)**

---

**10. Ваші загальні пропозиції або зауваження до навчального посібника:**

---

---