

**Програма з предмета
«Допуски та технічні вимірювання»**

№ уроку	Тема уроку	Допоміжні матеріали
1	Інструктаж з охорони праці та БЖ. Суть стандартизації та основні відомості про взаємозаміну	Якість і ефективність дії машин, приладів та механізмів перебувають у прямій залежності від вимог точності та контролю їх виготовлення, які значною мірою визначені стандартами, допусками та посадками. Допуски та посадки є головною передумовою найважливішої властивості сукупності виробів – взаємозамінності, яка суттєво визначає техніко-економічний ефект від виробництва та експлуатації сучасних технічних приладів. Допуски та посадки забезпечують системи стандартів «Єдина система допусків і посадок» (ЄСДП) та «Основні норми взаємозамінності» (ОНВ). Положення стандартів цих систем стосуються з'єднаних елементів виробів, поверхні яких взаємодіють у контакті між собою. Стандартизація – це державна система, яка встановлює в плановому порядку обов'язкові правила, норми і вимоги, що забезпечують економічно оптимальну якість продукції, підвищення продуктивності суспільної праці та ефективність використання матеріальних ресурсів за умов дотримання техніки безпеки. Майже всі технічні вимоги взаємозамінності зафіксовані в певних стандартах. Єдина система допусків і посадок є складовою системи стандартів «Основні норми взаємозамінності». Під взаємозамінністю розуміють властивість деталей та вузлів, виготовлених із заданою точністю, яка забезпечує можливість їх складання (або заміни їх під час ремонту) в машини і механізми без додаткової обробки чи припасування і гарантує виконання необхідних технічних умов та заданих показників якості. Взаємозамінність може бути повна і неповна. За повної взаємозамінності складання всіх деталей механізму або його вузлів провадять без додаткової обробки, сортування чи припасування, тобто всі деталі є взаємозамінними. За неповної взаємозамінності деталі виготовляють з меншою точністю, ніж за повної, тому під час складання необхідно застосовувати рухомі або нерухомі компенсатори, додатково обробляти спеціальні деталі зі збільшеними припусками чи добирати деталі із сортуванням на певну кількість груп.

2	Технічні вимоги.	Технічні вимоги — це конкретні характеристики, параметри та стандарти, які визначають властивості та функціональність виробів чи систем. Класифікація технічних вимог: Функціональні вимоги: - Визначають, як система повинна працювати та виконувати свої основні функції. Нефункціональні вимоги: - Охоплюють аспекти, такі як ефективність, безпека, надійність та інші, які не безпосередньо визначають функції продукту, але впливають на його якість. Стандарти та регуляторні вимоги: Індустрійні та міжнародні стандарти: - Визначають уніфіковані вимоги та методи тестування для забезпечення якості та взаємозамінності виробів. Регуляторні стандарти: - Визначають вимоги, які обов'язкові для виконання відповідно до законодавства та нормативів. Вимоги до продукції та матеріалів: Технічні характеристики: - Визначення параметрів, які повинні відповідати продукція чи матеріали.
---	------------------	--

		Технічні властивості: - Опис вимог до механічних, теплових, електричних та інших властивостей. Процесні вимоги: Стандарти виробництва: - Визначення методів виготовлення, контролю та тестування. Експлуатаційні вимоги: - Опис умов та середовища для правильної роботи продукції. Документація та управління вимогами: Специфікації та технічні креслення: - Засоби документування технічних вимог. Системи управління вимогами: - Використання спеціальних інструментів для ефективного управління, відстеження та аналізу вимог. Контроль якості та валідація: Тестування та валідація продукції: - Процеси для перевірки, чи відповідає продукція технічним вимогам. Системи контролю якості: - Застосування методів та систем для забезпечення високої якості виробів.
--	--	---

		Аналіз та зміна вимог: Виявлення та зміна вимог: - Процеси для виявлення та управління змінами в технічних вимогах в ході проекту. Завершення та документація: Підготовка технічної документації: - Створення завершеної технічної документації, яка включає всі необхідні технічні вимоги. Застосування міжнародних стандартів, стандартів України та методик Єдиної системи державного управління якістю продукції забезпечує можливість підвищення показників якості виробів в усіх галузях промисловості. Це забезпечується за рахунок того, що в стандартах зафіксовані не тільки числові значення певних показників, а й методика їх перевірки та контролю і випереджальні показники для атестованої продукції. У стандартах зафіксовані єдині норми та вимоги, яким повинні відповідати властивості сировини, напівфабрикатів, матеріалів, якість і характеристики продукції та багато інших даних. Вимоги стандартів мають силу законів, тому виконання їх у виробництві є обов'язковим. Застосування та виконання норм і вимог цих стандартів під час конструювання механізмів або їх деталей, визначення точності їх
--	--	--

		виготовлення та у процесі самого виготовлення забезпечує взаємозамінність продукції. Стандартизація гарантує уніфікацію, завдяки якій з'являється можливість для зниження вартості виробів, збільшення масштабів виробництва, а також для спеціалізації виготовлення стандартизованих і нормалізованих виробів, деталей та їх елементів. Спеціалізація – це спосіб виробництва однакових або однотипних деталей, вузлів чи виробів на окремих спеціалізованих дільницях, у цехах чи на заводах. Спеціалізація неможлива без кооперації і навпаки. Кооперація – це спосіб організації виробництва, за якого окремі деталі певного механізму виготовляють на різних спеціалізованих дільницях, у цехах чи на заводах, а потім складання проводять на одному заводі. Кооперація і спеціалізація неможливі без застосування взаємозамінності.
3	Категорії та види стандарту.	Стандарт - це документ, що встановлює вимоги, правила або характеристики для забезпечення оптимальної якості, сумісності та безпеки продукції та послуг. Категорії стандартів: Індустрійні стандарти: Встановлюють вимоги та стандарти в певних галузях промисловості (наприклад, стандарти якості для виробництва сталі). Національні стандарти: Прийняті національними організаціями та встановлюють вимоги для виробництва та обслуговування в межах конкретної країни. Міжнародні стандарти: ISO та Інші:

		- Міжнародна Організація зі Стандартизації (ISO) визначає міжнародні стандарти, які призначені для використання в різних країнах та галузях. Види стандартів: Продуктові стандарти: - Встановлюють вимоги до характеристик та властивостей продукції. Процесні стандарти: - Стандарти, що визначають оптимальні процеси та методи виробництва. Методичні та тестувальні стандарти: - Встановлюють методи випробувань, вимірювань та оцінки відповідності. Секторні та галузеві стандарти: Медичні, технічні, екологічні: - Спеціалізовані стандарти для певних галузей чи секторів (наприклад, стандарти безпеки в медичній сфері). Гармонізовані стандарти: Стандарти Європейського Союзу: - Гармонізовані стандарти, які визначають технічні вимоги для продукції на внутрішньому ринку ЄС. Локальні та корпоративні стандарти:
--	--	--

		Стандарти підприємства: Встановлені компанією для внутрішнього використання та виконання її власних вимог. Динаміка змін в стандартах: Оновлення та ревізії: - Стандарти періодично оновлюються для відображення нових технологій, вимог та інновацій. Важливість стандартів у сучасному світі: - Стандарти є важливим інструментом для забезпечення якості, безпеки та ефективності продукції та послуг у різних галузях. Важливість стандартів у сучасному світі: - Стандарти є важливим інструментом для забезпечення якості, безпеки та ефективності продукції та послуг у різних галузях. Єдина система допусків і посадок (ЄСДП) – це основоположна складова в системі стандартів «Основні норми взаємозамінності». Стандарти ЄСДП застосовують для забезпечення взаємозамінності гладких циліндричних та плоских елементів технічних виробів. Положення стандартів ЄСДП є основними для стандартів, що визначають взаємозамінність інших типових з'єднань. Єдина система допусків і посадок охоплює діапазон розмірів деталей 0–40 000 мм і стосується гладких елементів деталей (циліндричних і обмежених паралельними площинами). Увесь комплекс стандартів, що визначають взаємозамінність інших типових з'єднань з 1978 року, має підзаголовок «Основні норми взаємозамінності» (ОНВ).
4	Взаємозаміна: зовнішня і внутрішня.	Розрізняють внутрішню та зовнішню взаємозамінність. Внутрішня взаємозамінність забезпечується тільки за повної взаємозамінності, коли всі деталі механізму, вузла чи складальної одиниці взаємозамінні.

		Зовнішня взаємозамінність забезпечується за неповної взаємозамінності, коли окремі деталі можуть бути невзаємозамінні, але весь механізм, вузол чи складальна одиниця – взаємозамінні за своїми зовнішніми приєднувальними розмірами (діаметр вала електродвигуна, розміри та розташування його кріпильних отворів, зовнішній та внутрішній діаметри підшипника кочення тощо). Наприклад, під час виготовлення підшипників кочення використовують принцип зовнішньої взаємозамінності. Крім того, всі стандартизовані вироби (електродвигуни, редуктори, насоси, двигуни тощо) також завжди повинні мати зовнішню взаємозамінність, хоча водночас можлива і внутрішня взаємозамінність. Крім геометричних параметрів виробів, нормують відхилення хімічного складу матеріалів, їхні фізико-механічні властивості та багато інших параметрів. Така взаємозамінність називається функціональною. Проведені дослідження та досвід промисловості показують, що виготовлення деталей і складальних одиниць із точно встановленими геометричними, механічними, електричними та іншими функціональними параметрами за оптимальної їх точності та оптимальної якості поверхні, створення гарантованого запасу працездатності машин і приладів дає змогу забезпечити взаємозамінність усіх однотипних виробів, які випускає завод, за їх експлуатаційними показниками, тобто за показниками якості функціонування (продуктивності, точності та ін.). Забезпечення взаємозамінності машин та інших виробів за оптимальними експлуатаційними показниками (ЕКП) – основний принцип взаємозамінності у машинобудуванні. Взаємозамінність, за якої забезпечена працездатність виробів з оптимальними і стабільними (у заданих межах) у часі ЕКП або з оптимальними показниками якості функціонування для складальних одиниць, і взаємозамінність їх за цими показниками, називають функціональною. Переважає більшість деталей, що входять до складу виробу, з'єднані між собою. З'єднувальні поверхні деталей можуть бути взаємно нерухомі та рухомі для виконання певних робочих функцій і утворювати рухомі (із зазором) чи нерухомі (з натягом) посадки. Величина необхідних зазорів (натягів) визначає їх робочі функції і повинна лежати у певних межах, визначених допусками розмірів на виготовлення деталей. У цьому випадку функціональними є характеристики допусків і посадок, що впливають на експлуатаційні показники машин та інших виробів або на службові функції складальних одиниць.
--	--	--

5

Одиниця допуску.

У машинах та механізмах деталі не відокремлені одна від одної. Вони зібрані у певні складальні одиниці або вузли. Поверхні деталей, що контактують одна з одною, називаються пов'язаними. Непов'язані поверхні називаються вільними. Деталі, що сполучаються, мають один і той же (загальний) номінальний розмір

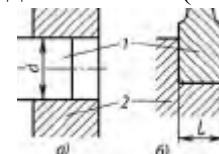


Рис. 1.1. З'єднання двох деталей:
а – гладке циліндричне; б – лоске; 1 – охоплювана деталь (вал); 2 – охоплююча деталь (отвір); d , D – номінальні розміри

(рис. 1.1). Для отворів його умовно позначають D , а для валів – d . Деталі виготовляють за креслениками, на яких проставлені номінальні розміри з граничними відхиленнями або з умовними позначеннями полів допусків. ГОСТ 25346–89 передбачає три варіанти вказівки допуску, номінального розміру, які проставляють правіше (рис. 1.2, а–в): у вигляді граничних відхилень із їх знаками (наприклад, вал Ш40—00,008590 або отвір Ш40+0,025), у вигляді позначення тільки поля допуску (наприклад, вал Ш40e8 або отвір Ш40H7), у вигляді сумісного позначення поля допуску, а правіше за нього в дужках – у вигляді граничних відхилень з їхніми знаками (наприклад, вал Ш40e8(—00,008590) або отвір Ш40H7(+0,025)).

,
називається номінальним.

Для скорочення кількості типорозмірів заготовок і деталей, різального і вимірювального обладнання, а також для типізації технологічних процесів значення номінальних розмірів повинні бути округлені (як правило, в бік більшого значення, відповідно до значень нормальних лінійних розмірів). Ряди рекомендованих лінійних розмірів наведено в ГОСТі 6636–69.

		У стандарті представлені чотири ряди лінійних розмірів: Ra5, Ra10, Ra20, Ra40. Слід віддавати перевагу значенням ряду Ra5 перед значеннями Ra10, ряду Ra10 – перед значеннями ряду Ra20, ряду Ra20 – перед значеннями ряду Ra40. У разі графічного зображення допуску номінальний розмір визначає положення нульової лінії і слугує початком відліку відхилень. Для наочності поле допуску (полем допуску називається зона, обмежена граничними відхиленнями розміру) прийнято зображати графічно у вигляді прямокутника, розташованого в заданому положенні щодо номінального розміру або нульової лінії (рис. 1.2, г і д). Одне з граничних відхилень називається верхнім, а друге граничне відхилення – нижнім. Верхнє відхилення вала позначається латинськими буквами es (отвори ES), а нижнє відхилення
6	Загальні відомості про посадки.	Вибір посадок Під час вибору рухомих і нерухомих посадок у першу чергу знайомляться з подібними з'єднаннями деталей в інших механізмах та машинах, що працюють в аналогічних умовах. Інакше доводиться робити розрахунок зазорів і натягів з подальшою перевіркою спряжених деталей у роботі. Вибір рухомої посадки. У виборі рухомої посадки, тобто посадки з гарантованим зазором, основне завдання – забезпечити найменше тертя між спряженими поверхнями вала та втулки, а отже, і найменше їх зношування. Розрізняють такі види тертя: сухе, рідинне і проміжне (напівсухе та напіврідинне). За рідинного тертя шар мастила між поверхнями вала та втулки (підшипника) повинен бути такої товщини, щоб практично відбувалося ковзання не поверхні вала по поверхні втулки, а ковзання шарів мастила. Якщо поверхні деталей не змащені, то виникає сухе тертя, за якого механічна енергія обертання деталей перетворюється на теплову, деталі сильно нагріваються і машина втрачає працездатність. Проміжне – напівсухе або напіврідинне – тертя відбувається, коли поверхні тертя розділені шаром мастила не повністю. Найкращі умови для ковзання з'являються за рідинного тертя, коли поверхні вала та отвору підшипника будуть повністю розділені мастильним шаром. Мастильний шар і циркуляція змащувальної рідини створюють найменше тертя і поліпшують відведення тепла, що виникає під час тертя, від робочих поверхонь підшипника. Розрахунки і практика експлуатації машин показують, що зі збільшенням частоти

		обертання і в'язкості мастила слід підбирати посадку з великим зазором. У підборі мастила необхідно враховувати, що в'язкість мастила зі зростанням температури знижується, а з пониженням температури – підвищується. Вибір посадки з натягом. Міцність нерухомого з'єднання двох деталей забезпечує сила тертя між поверхнями деталей і залежить від величини натягу. Тому під час вибору посадки з натягом визначають допустимі значення найбільшого та найменшого натягу. Якщо натяг перевищить допустимий, то деталь може зруйнуватися, а за дуже малого натягу сила тертя може виявитися недостатньою і під час роботи відбудеться зсув деталей одна щодо одної. За відсутності досвіду застосування подібної посадки в інших машинах і складальних одиницях, перевірених у роботі, конструктор визначає допустимий натяг шляхом розрахунку. Для цього спочатку обчислюють величину найбільшого натягу, потім підбирають відповідну посадку з числа основних або комбінованих і перевіряють допустимість найменшого натягу, за якого сполучені деталі не зміщуватимуться одна щодо одної. На міцність посадки з натягом впливає і товщина стінок спряжених втулки і вала (якщо вал порожнистий), величина (площа) поверхні спряження, а також спосіб з'єднання деталей. За умови з'єднання за рахунок розширення втулки від нагріву (без застосування сили) міцність з'єднання буде значно вища, ніж у разі запресування без нагріву втулки. Це пояснюється тим, що внаслідок запресування деталей із додаванням сили (наприклад, під пресом) нерівності поверхонь зминаються і натяг, обчислений на підставі розмірів (при вимірюванні вала і втулки) до запресування, дещо зменшиться. Але у разі здійснення нерухомої посадки з нагріванням охоплюючої деталі може виникнути нерівномірна деформація (спотворення форми), особливо небезпечна для
7	Посадки в системі отвору та в системі валу	Посадка – це взаємне розташування та фіксація взаємодіючих частин в машинах та механізмах. Втулка в отвір, вал у втулці, вал у виступі, зубчастий з'єднання тощо. Внутрішня, зовнішня та парна посадки. Зазор: Різниця між розмірами вала та отвору, необхідна для монтажу та уникнення непотрібного тертя.

		Натяг: Зусилля, які створюються при монтажі посадкових частин та забезпечують їхнє надійне тримання. Посадка з вільним встановленням: Встановлення без натягу або з невеликим зазором. Посадка з важким встановленням: • Вимагає великого натягу для монтажу. Теплові розширення матеріалів: • Розгляд впливу температурних змін на розміри та посадки в системах. Загальна характеристика основних посадок. У ковзних (ковзаючих) посадках (H7/h6; H8/h7) найменший зазор дорівнює нулю, тому ці посадки перебувають на межі між нерухомими і перехідними посадками. За хорошого змащування деталі переміщуються одна щодо одної вільно. Наприклад, напрямні та пінолі у верстатах, поршневі штоки у циліндрах насосів і поршневих машин, що центрують поверхні фланців та кришок. Але якщо використовують додатковий кріпильний засіб, наприклад шпонку, ковзна посадка стає нерухомою. Це здійснюють у випадках, коли потрібне точне центрування зв'язаних деталей при частому складанні і розбиранні складальних одиниць у процесі експлуатації машини (з'єднання валів зі змінними колесами, зі зчіпними дисками або з'єднувальними і фрикційними муфтами та ін.). Посадки типу H7/g6, H7/g5 мають малий гарантований зазор, що забезпечує хороше центрування деталей і відсутність ударів у випадку зміни навантаження. Із хорошим змащенням посадки застосовують для сполучення шийки колінчастого вала з шатуном у поршневому двигуні,
--	--	--

		вала ротора турбіни і шпинделів верстатів, клапанів, а також для регулярного тихохідного переміщення деталей. Посадки H7/f7, H8/f6 та інші застосовують для з'єднання деталей, які працюють в основному при помірних і постійних швидкостях і з безударним навантаженням. Це, наприклад, вали, що обертаються в підшипниках (колінчасті, кулачкові), і шпинделі. Посадки H8/e8, H7/e7, H7/e8 мають відносно великі зазори, і їх застосовують для рухомих з'єднань за тих самих умов, що і ходові, але за більшої довжини втулки чи більшої кількості опор, а також за швидкості понад 1000 об/хв. Приклади застосування з'єднань: цапфи валів із втулками підшипників у відцентрових насосах, приводах шліфувальних верстатів, турбогенераторах; валів холостих шківів і коліс, що вільно обертаються; вала масляного насоса з кришкою; точних кулькових та вилчастих шарнірів. Посадки H8/d9, H9/d9 та інші характеризують відносно великі зазори, і їх застосовують для з'єднання деталей, що працюють на великих швидкостях; коли за умовами роботи деталей допускаються неточне центрування, перекося і прогини; за великої довжини посадки; у багатоопорних з'єднаннях; для з'єднання деталей, розміри яких змінюються під впливом температури під час роботи машини або які працюють у несприятливих умовах (забрудненість), наприклад у сільськогосподарських, дорожніх та інших машинах, а також для поршнів із циліндрами і валів турбогенераторів, різних клапанів із втулками, поршневих кілець у компресорах.
--	--	---

		Посадку H7/c8 застосовують для з'єднання деталей, що працюють за високої температури, наприклад у різних теплових двигунах, коли робочий зазор може істотно зменшуватися внаслідок неоднакового теплового розширення деталей. Посадки H7/n6, H8/n7, N7/h6 застосовують відносно рідко, зокрема за великих динамічних навантажень (удар, вібрація), у тому випадку, коли розбирання передбачене тільки під час капітального ремонту машин. Посадки H7/m6, M7/h7 застосовують у разі менш міцного матеріалу деталей або більш частого складання складальних одиниць, а також за довжини втулки понад 1,5d або тонших стінок втулок. Прикладами застосування цих посадок є з'єднання валів та осей із кулачковими муфтами, маховичками, шківками і важелями; конічних зубчастих коліс та черв'ячних передач, роторів електромашин. Посадки H7/k6, K7/h7 дають хорошу точність центрування і забезпечують швидке збирання та розбирання деталей за допомогою легких молотків. Їх застосовують для швидкохідних шківів, коліс редукторів, маховичків, руків'їв, муфт, настановних коліс, пальців крейцкопфів, компресорів, змінних втулок у колесах та підшипниках. Посадки H7/js6, Js7/h6 застосовують у разі необхідності частого і швидкого збирання та розбирання, а також замість напруженої посадки за довжини втулки понад 1,5d. Ці посадки забезпечують повільне осьове переміщення деталей і хороше їх центрування. Наприклад, у змінних колесах, центрувальних штифтах. Посадки з натягом введені як
--	--	--

		орієнтовні. При виборі посадки конструктор повинен проводити розрахунок натягу і враховувати всі чинники, що впливають на її вибір
8	Вибір засобів вимірювання Основи технічних вимірювань.	Основні принципи вибору засобів вимірювань у промисловості такі: точність засобу вимірювань повинна бути достатньо висока порівняно із заданою точністю виконання вимірюваного розміру, а трудомісткість вимірювань і їхня вартість мають бути якомога нижчі, тобто такі, що забезпечують найвищу продуктивність праці та економічність. Недостатня точність вимірювань призводить до того, що частину придатної продукції бракують (помилка першого типу); водночас із тієї ж причини іншу частину фактично непридатної продукції приймають як придатну (помилка другого типу). Зайва точність вимірювань, як правило, пов'язана з надмірним зростанням трудомісткості та вартості контролю якості продукції, а отже, веде до подорожчання виробництва й обмеження випуску продукції. Найпростіший спосіб вибору засобів вимірювань заснований на тому, що точність засобів вимірювань має бути в кілька разів вища за точність виготовлення. Згідно з Стандартами, вимірювання параметрів деталей слід проводити засобами вимірювань із ціною поділки не більше 1/6 допуску на виготовлення. Більш обґрунтований спосіб вибору засобів вимірювань визначає ГОСТ 8.051–81 «Похибки, що допускаються при вимірюванні лінійних розмірів до 500 мм». Стандарт установлює 15 рядів меж допустимої похибки вимірювань для кожного інтервалу номінальних розмірів залежно від допуску на розмір виробу. Похибка вимірювань становить приблизно 20 % допуску на виготовлення за 16–9-м квалітетом і 35 % допуску за 9–2-м квалітетом. У разі призначення нестандартного допуску на розмір деталі допустиму похибку приймають за найближчим (меншим) значенням стандартного допуску. Допустима похибка вимірювань не залежить від виду вимірювальних засобів і вибраного методу вимірювань. Проте на практиці під час вимірювання автоматичними та напівавтоматичними засобами деталей, виготовлених грубіше за 4-й квалітет, приймають допустиму похибку, на один ряд меншу за вказану в стандарті.
9	Класифікація та позначення відхилення форми і розміщення поверхні	Відхилення форми та розміщення поверхні – це аспекти геометричної точності деталі, які визначаються відмінністю фактичної форми від ідеальної. Класифікація відхилень форми: По характеру відхилення:

		- Формові відхилення: Включають плоскість, циліндр, конус та інші формові елементи. - Профільні відхилення: Відхилення від ідеального профілю деталі.
		По напрямку відхилення:
		- Відхилення від прямолінійності: Наприклад, вибоїни, вглиблення, арки. - Відхилення від криволінійності: Наприклад, сідла, взлинки, ринви.
		3. Класифікація відхилень розміщення поверхні:
		По характеру розміщення:
		- Локальні відхилення: Специфічні варіації форми на обмеженій ділянці. - Глобальні відхилення: Відхилення форми, що охоплюють велику область деталі.
		По характеру взаємодії:
		- Достовірні відхилення: Відхилення, які впливають на взаємодію деталей. - Недостовірні відхилення: Ті, які не впливають на взаємодію.
		4. Позначення відхилень за стандартами:
		ISO, ANSI, DIN:
		Міжнародні та національні стандарти визначають символіку та методи позначення відхилень форми та розміщення поверхні.
		5. Вимірювання та контроль:
		Контрольні прилади:
		Вимірювальні інструменти, такі як мікрометри, компаратори, КМЗ, використовуються для оцінки відхилень.
		6. Застосування в промисловості:

		Машинобудування: - Важливість точності у виробництві деталей для забезпечення функціональності та міжопераційної сумісності. Автомобільна промисловість: - Вимоги до високої точності та взаємозамінності деталей. Роль класифікації та позначення відхилень: - Визначення та контроль відхилень форми та розміщення поверхні є ключовим для забезпечення якості та надійності виробів у промисловості.
10	Позначення форми і розміщення згідно стандарту	- Стандартизація у позначенні форми та розміщення є важливою для забезпечення єднання та однозначності у вимірюваннях та контролі геометричних параметрів. 2. Стандартні символи та позначення: Графічні символи: - Використання ліній, стрілок, кіл та інших графічних елементів для позначення розмірів та форми. Буквенні або числові позначення: - Використання букв та цифр для ідентифікації різних аспектів форми та розміщення. 3. Позначення форми: ISO 8015: - Стандарт, який визначає терміни та визначення у вимірюваннях геометричних параметрів, зокрема форми. Технічні креслення:

		Використання ліній, витяжок, позначень з масштабами для передачі інформації про форму.
		4. Позначення розміщення:
		Геометричні терміни та символи:
		Використання символів для вказівки точного розміщення елементів у просторі.
		Класи розміщення за ISO 1101:
		Визначення класів розміщення для різних видів відхилень, таких як паралельність, перпендикулярність, концентричність.
		5. Приклади позначення:
		Концентричність:
		Використання символу концентричності (◎) та числового значення для визначення того, наскільки точно центри двох кіл збігаються.
		Паралельність:
		Використання двох паралельних стрілок () та числового значення для визначення відхилення від ідеальної паралельності.
		6. Системи координат та вимірювання:
		Декартова та полярна системи координат:
		- Використання різних систем координат для позначення точного розміщення та орієнтації елементів. - Вимірювальні прилади: - Контактні та безконтактні вимірювальні системи для перевірки відхилень.

		7. Застосування у виробництві та інженерії: Якість та взаємозамінність: - Забезпечення високої якості та взаємозамінності виробів завдяки єдному підходу до позначення геометричних параметрів. 8. Висновок: Роль стандартів у позначенні форми та розміщення: - Визначення та однозначне позначення параметрів геометрії грає ключову роль у виробництві високоякісних та функціональних виробів.
11	Реальна та номінальна поверхня.	- Реальна поверхня: Фактична геометрична форма поверхні, яку ми отримуємо в результаті виробництва. - Номінальна поверхня: Теоретично ідеальна геометрична форма, яку ми плануємо отримати. 2. Відхилення реальної поверхні від номінальної: Технологічні аспекти: - Виробництво завжди супроводжується певними відхиленнями у формі та розмірах, обумовленими технологічними процесами. Типові відхилення: - Поверхневі дефекти, відхилення від прямолінійності, плоскості, круглості тощо. 3. Вплив виробництва на реальну поверхню: Обробка та обладнання:

		- Використання різних технологічних процесів (токаріння, фрезерування, шліфування) впливає на остаточні характеристики поверхні. Температурні та механічні впливи: - Зміни в температурі під час виробництва та транспортування можуть впливати на форму та розміри поверхонь. 4. Методи вимірювання реальних поверхонь: Топографічні та мікроскопічні методи: - Сканування поверхні, оптичні та електронні мікроскопи для отримання детального зображення структури та дефектів. Контурні та профілометричні вимірювання: - Вимірювання відхилень форми та розміру за допомогою контурографів та профілометрів. 5. Визначення та оцінка відхилень: Геометричні характеристики: - Параметри, такі як плоскість, циліндр, конус, визначаються залежно від потреб конкретного виробництва. Толеранси та допуски: - Визначення максимально допустимих відхилень від номінальної поверхні, що враховуються у виробництві. 6. Практичне застосування: Якість виробів: - Забезпечення відповідності реальних поверхонь вимогам якості та функціональності виробів. Оптимізація процесів виробництва:
--	--	--

		Зменшення відхилень сприяє оптимізації виробництва та підвищенню якості.
		7. Висновок:
		Баланс між реальною та номінальною поверхнею:
		Виробництво стає ефективнішим, коли відхилення у формі та розмірах керуються та контролюються на оптимальному рівні.
12	Допуск форми: поле допуску;	Визначення допуску форми: - Допуск форми – це визначене дозволене відхилення від ідеальної геометричної форми, яке приймається при виготовленні та контролі виробів. 2. Поле допуску: Визначення та розширення: - Поле допуску – це діапазон допустимих відхилень для конкретної геометричної характеристики, яке визначається технічними вимірюваннями та вимогами. 3. Класифікація полів допуску: Одновимірні та багатовимірні: - Одновимірні поля допуску: Враховують тільки одну геометричну характеристику (наприклад, діаметр, ширина). - Багатовимірні поля допуску: Враховують кілька геометричних характеристик одночасно. 4. Застосування полів допуску:

		Виробництво та контроль: - Допуски форми визначаються з урахуванням технічних вимог виробництва та забезпечують допустимі межі для відхилень. 5. Види полів допуску: Табличні та графічні: - Табличні поля допуску: Представлені у вигляді таблиць, де вказані величини допусків для різних діапазонів розмірів. - Графічні поля допуску: Подані у вигляді графіків чи діаграм, що показують залежність допусків від розмірів. 6. Принципи визначення полів допуску: Стандарти та нормативи: - Застосування встановлених стандартів, які визначають правила та методи визначення допусків форми для різних типів виробів. 7. Компоненти поля допуску: Верхній та нижній ліміти: Верхній ліміт: Максимальне допустиме значення відхилення. Нижній ліміт: Мінімально допустиме значення відхилення. 8. Важливість врахування поля допуску: Забезпечення взаємозамінності: - Допуски форми важливі для забезпечення взаємозамінності та правильної взаємодії виробів.
--	--	---

		9. Висновок: Оптимізація виробництва: Користь від використання полів допуску полягає в тому, що вони сприяють оптимізації процесів виробництва та контролю за якістю.
13	Допуск розміщення: графічне зображення.	Допуск розміщення: графічне зображення 1. Вступ: Визначення допуску розміщення: - Допуск розміщення – це технічний параметр, який визначає допустимі відхилення взаємного положення елементів конструкції від їхньої ідеальної геометричної позиції. 2. Графічне зображення допуску розміщення: Система координат та стрілки: - Використання графічних стрілок, що вказують напрямок та величину допуску, у системі координат. Класи розміщення за ISO 1101: - Класи розміщення визначають, як допуск розміщення впливає на елементи конструкції (паралельність, перпендикулярність, концентричність тощо). 3. Значення стрілок та ліній: Стрілки: - Стрілки на графічному зображенні вказують напрямок допуску.

		Лінії: - Лінії, що супроводжують стрілки, показують межі допустимих відхилень. 4. Позначення величини допуску: Числові значення та літери: - Вказання конкретних величин допуску та використання літер для позначення класу розміщення. 5. Типові графічні схеми: Розміщення отворів та валів: - Використання стрілок для позначення взаємного положення отворів та валів. Паралельність та перпендикулярність: - Зображення паралельних та перпендикулярних ліній з вказанням допусків. 6. Визначення напрямків допуску розміщення: Допуски паралельності: - Стрілки, що вказують напрямок допуску паралельності між елементами. Допуски концентричності: - Графічне зображення кола та відхилень від ідеальної концентричності. 7. Застосування в проектуванні та виробництві: Проектування: - Графічне зображення допуску розміщення сприяє коректному розумінню та виконанню технічних вимог.
--	--	---

		Виробництво: - Забезпечення точного розміщення елементів для забезпечення взаємозамінності та якості виробів. 8. Висновок: Графічне зображення як засіб уточнення технічних вимог: - Графічне зображення допуску розміщення важливо для точного виконання та контролю виробів у виробництві.
14	Умовне позначення форми і взаємного розміщення поверхні.	- Умовне позначення форми та взаємного розміщення поверхні дозволяє однозначно та конкретно визначати геометричні характеристики виробів на технічних кресленнях. Символи та позначення: - Використання стандартних символів, таких як кружечок для позначення круглості, лінії для плоскості, стрілки для прямолінійності, для передачі інформації про форму. Одновимірні та багатовимірні аспекти: - Умовне позначення може бути використане для передачі інформації про одновимірні відхилення (довжина, діаметр) та багатовимірні аспекти (плоскість, циліндр, конус). 3. Визначення та схеми взаємного розміщення поверхні: Допуски та класи розміщення: - Використання числових значень та літер для позначення величин допусків та класів розміщення. - Схеми взаємного розміщення: - Графічні зображення, що вказують на тип та величину допусків для розміщення поверхонь.

		4. Комбіновані символи: Таблиці та комбінації символів: - Використання таблиць та комбінованих символів для передачі складних геометричних вимог. 5. Графічні позначення на кресленнях: Лінії, стрілки та кружечки: - Графічні елементи використовуються для зручного та зрозумілого подання геометричних характеристик. Контурні та секційні креслення: - Використання контурів та розділових креслень для більш детального подання форми та розміщення. 6. Застосування у виробництві та контролі: Оцінка якості та взаємозамінність: - Умовне позначення важливе для визначення допустимих відхилень та контролю якості виробів. Виробничі керівництва: - Використання умовного позначення для передачі виробничих вимог та вказівок. 7. Висновок: Роль умовного позначення у точному інженерному мовленні: - Умовне позначення є важливим інструментом для однозначного та чіткого визначення геометричних характеристик виробів на технічних кресленнях.
--	--	---

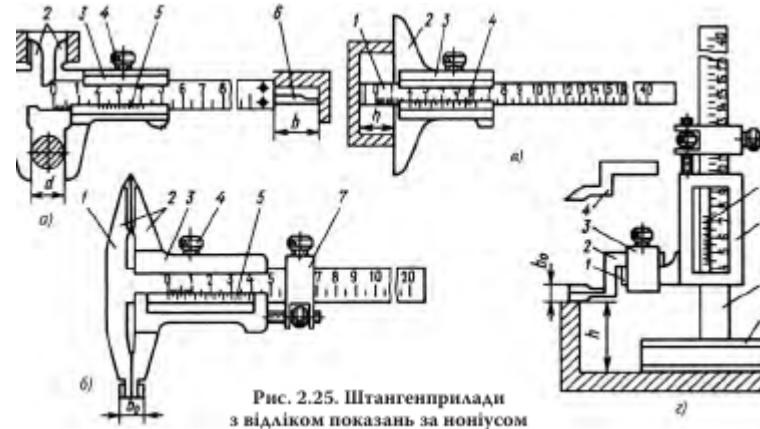
15	Умовні позначення шорсткості поверхні.	Шорсткістю поверхні називають сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, виділену за допомогою базової довжини (ГОСТ 25142–82). Базова довжина – довжина базової лінії, яка використовується для виділення нерівностей, що характеризують шорсткість поверхні. Базова лінія (поверхня) – лінія (поверхня) заданої геометричної форми, що певним чином проведена відносно профілю (поверхні) і слугує для оцінки геометричних параметрів поверхні. Шорсткість є наслідком пластичної деформації поверхневого шару деталі, що виникає внаслідок утворення стружки, копіювання нерівностей різальних кромek інструменту і тертя його об деталь, вивітрювання з поверхні частинок матеріалу та інших причин. Числові значення шорсткості поверхні визначають від єдиної бази, за яку прийнято середню лінію профілю, тобто базову лінію, що має форму номінального профілю і проведена так, що в межах базової довжини середнє квадратичне відхилення профілю до цієї лінії є мінімальним. Систему відліку шорсткості від середньої лінії профілю називають системою середньої лінії. Якщо для визначення шорсткості вибрано ділянку поверхні завдовжки l, інші нерівності (наприклад, хвилястість), що мають крок, більший за l, не враховують. Для надійної оцінки шорсткості з урахуванням розсіювання показань приладу і можливої неоднорідності будови нерівностей вимірювання слід повторювати кілька разів у різних місцях поверхні і за результат вимірювання приймати середнє арифметичне результатів вимірювання на кількох довжинах оцінки. Довжина оцінки L – довжина, на якій оцінюють шорсткість. Вона може містити одну або кілька базових довжин l. Числові значення базової довжини вибирають з ряду: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

		Згідно із ГОСТом 2789–73, який відповідає міжнародній рекомендації зі стандартизації ISO Р 468, шорсткість поверхні виробів незалежно від матеріалу та способу виготовлення (отримання поверхні) можна оцінювати кількісно за одним або кількома параметрами: за середнім арифметичним відхиленням профілю R_a , висотою нерівностей профілю по десяти точках R_z , найбільшою висотою нерівностей профілю R_{max} , середнім кроком нерівностей S_m , середнім кроком місцевих виступів профілю S , відносною опорною довжиною профілю t_p (p – значення рівня перетину профілю),
16	Основні параметри шорсткості і її позначення	Параметри шорсткості, пов'язані з висотними властивостями нерівностей. Середнє арифметичне відхилення профілю R_a – середнє арифметичне з абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини: $1,1 n, R_a y n = \sum,$ де l – базова довжина; n – число вибраних точок профілю на базовій довжині. Відхилення профілю y – відстань між будь-якою точкою профілю і середньою лінією. Висота нерівностей профілю по десяти точках R_z – сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та глибин п'яти найбільших заглиблень профілю в межах базової довжини: $5, 11$ $z = R 5 i p_i = i v_i y$ $\sum z = \sum p_i + \sum v_i,$ де u_i – висота i-го найбільшого виступу профілю; v_i – глибина i-го найбільшого заглиблення профілю.

		Найбільша висота нерівностей профілю $R_{\max}$ – відстань між лінією виступів профілю та лінією заглиблень профілю в межах базової довжини l (рис. 3.28). Параметри шорсткості, пов'язані з властивостями нерівностей у напрямі довжини профілю. Середній крок нерівностей профілю S_m – середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини. Середній крок місцевих виступів профілю S – середнє значення кроку місцевих виступів профілю в межах базової довжини: Рис. 3.28. Профілограма та основні параметри шорсткості поверхні SS $n =$ $= \sum ,$ де n – число кроків нерівностей по вершинах у межах базової довжини l; S_i – крок нерівностей профілю по вершинах, рівний довжині відрізка середньої лінії між проекціями на неї двох найвищих точок сусідніх виступів профілю. Числові значення параметрів шорсткості R_a, R_z, $R_{\max}$, S_m та S наведено у ГОСТі 2789–73. Рекомендується використовувати переважно значення параметрів R_a, оскільки зразки порівняння шорсткості поверхні за ГОСТом 9378–75 виготовляють саме з цими значеннями R_a. Параметри шорсткості, пов'язані з формою нерівностей профілю. Опорна довжина профілю η_r – сума довжин відрізків b_i, що відтинаються
--	--	--

		на заданому рівні p у матеріалі профілю лінією, еквідистантною середній лінії t у межах базової довжини (рис. 3.29):. Відносна опорна довжина профілю t_p – відношення опорної довжини профілю до базової довжини: Опорну довжину профілю t_p визначають на рівні перетину профілю p, тобто на заданій відстані між лінією виступів профілю та лінією, що перетинає профіль еквідистантно лінії виступів профілю. Лінія виступів профілю – лінія, еквідистантна середній лінії, що проходить через вищу точку профілю в межах базової довжини. Значення рівня перетину профілю p відлічують за лінією виступів і вибирають з ряду: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 % від R_{max}
17	Види вимірювальних і перевірочних інструментів, їхня будова.	Основні принципи вибору засобів вимірювань у промисловості такі: точність засобу вимірювань повинна бути достатньо висока порівняно із заданою точністю виконання вимірюваного розміру, а трудомісткість вимірювань і їхня вартість мають бути якомога нижчі, тобто такі, що забезпечують найвищу продуктивність праці та економічність. Недостатня точність вимірювань призводить до того, що частину придатної продукції бракують (помилка першого типу); водночас із тієї ж причини іншу частину фактично непридатної продукції приймають як придатну (помилка другого типу). Зайва точність вимірювань, як правило, пов'язана з надмірним зростанням трудомісткості та вартості контролю якості продукції, а отже, веде до подорожчання виробництва й обмеження випуску продукції. Найпростіший спосіб вибору засобів вимірювань заснований на тому, що точність засобів вимірювань має бути в кілька разів вища за точність виготовлення. Згідно з [6], вимірювання параметрів деталей слід проводити засобами вимірювань із ціною поділки не більше $1/6$ допуску на виготовлення. Більш обґрунтований спосіб вибору засобів вимірювань визначає ГОСТ 8.051–81 «Похибки, що допускаються при вимірюванні лінійних розмірів до 500 мм». Стандарт установлює 15 рядів меж допустимої похибки вимірювань для кожного інтервалу номінальних розмірів залежно від допуску на розмір виробу. Похибка вимірювань становить приблизно 20 % допуску на виготовлення за 16–9-м квалітетом і 35 % допуску за 9–2-м квалітетом. Штангенприлади є показувальними приладами прямої дії, за допомогою яких розмір виробу визначають за положенням вимірювальної рамки з ноніусом, що пере-

міщується вздовж штанги зі штриховою шкалою.



На штанзі приладів нанесено основну шкалу з ціною поділки $a = 1$ мм, а на рамці встановлено або нанесено додаткову штрихову шкалу – ноніус. За положенням нульового штриха ноніуса на основній шкалі визначають ціле число міліметрів у розмірі. Дробові частки міліметра знаходять за допомогою ноніуса.

Ноніус – це рівномірна додаткова шкала з межею вимірювань, що дорівнює ціні поділки основної шкали a . Ноніуси мають різну ціну поділки C шкали (відлік за ноніусом) і модуль γ , що показує, через яку кількість часток основної шкали будуть розташовані штрихи ноніуса, зміщені на значення відліку. Лінійні ноніуси бувають кількох типів (рис. 2.15). Кількість поділок шкали ноніуса $n = a/C$, довжина поділки шкали ноніуса $b = \gamma a - C$, повна довжина шкали ноніуса $l = nb = (\gamma n - 1)a$.

Робота мікрометричних інстру-



Рис. 2.50. Мікрометри типу МК

ментів заснована на застосуванні мікрометричних гвинтових пар. Їхні конструкції різноманітні. Нижче розгля-

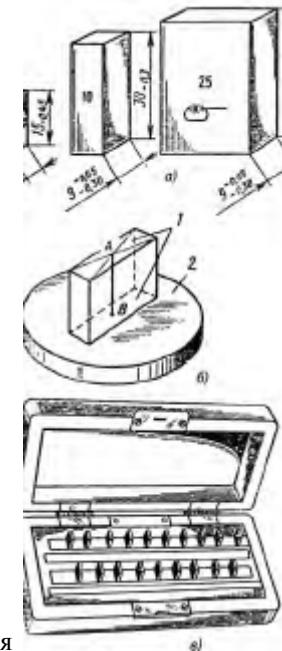
		нуто мікрометри загального призначення (ГОСТ 6507–78). Гладкі мікрометри МК (рис. 2.50) призначені для вимірювання зовнішніх розмірів виробів. Ціна поділки – 0,01 мм. Вимірювальне переміщення мікрометричного гвинта – 25 мм. Верхня межа вимірювань – 600 мм. До основних деталей та вузлів належать (рис. 2.51, а) скоба 1, п'ята 2, мікрогвинт 4, стопор 5 гвинта, стебло 6, барабан 7 і тріскачка 8 мікрометричної голови, що перетворює обертальний рух барабана в поступальну ходу мікрогвинта. Межі вимірювань мікрометрів залежать від розміру скоби і становлять 0...25; 25...50; ...; 275...300; 300...400; 400...500 і 500...600 мм. Мікрометри для розмірів понад 300 мм оснащені змінними (рис. 2.51, б) або пересувними (рис. 2.51, в) п'ятами, що забезпечують діапазон вимірювань 100 мм. Пересувні п'яти 2 кріплять у необхідному положенні фіксатором 1, а змінні п'яти 3 – гайками 1 і 2. На стеблі 6 уздовж поздовжнього штриха нанесено основну шкалу приладу з ціною поділки $a = 0,5$ мм і межею вимірювань 25 мм. Для зручності відліку парні штрихи шкали, що мають цілі значення розміру, відкладені знизу від поздовжнього штриха. На конічному зрізі барабана 7 нанесено 50 поділок кругової шкали з ціною поділки, що дорівнює $C = 0,01$ мм. Унаслідок одного оберта барабан і мікрогвинт 4 переміщуються на одну поділку основної шкали. Торець барабана є показчиком для основної шкали, а поздовжній штрих на стеблі – показчиком для кругової шкали. Під час вимірювання виріб поміщають без перекосу між п'ятою та мікрогвинтом і, обертаючи барабан за тріскачку до тих пір, поки вона не почне повертатися
18	Міри та їх роль у забезпеченні єдності вимірювань у машинобудуванні.	Для лінійних вимірювань широко застосовують плоскопаралельні кінцеві та штрихові міри довжини. До плоскопаралельних мір довжини умовно можуть бути віднесені установлювальні міри до мікрометрів, калібри-пластини, щупи, установлювальні міри до мікрометричних нутромірів, калібрувальні кільця для настройки нутромірів. До штрихових мір відносять поширені вимірювальні металеві рулетки і лінійки, а також шкали лінійних розмірів. 2.1.1. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини Плоскопаралельні кінцеві міри довжини (скорочено ПКМД) згідно із ГОСТом 9038–83 виконують у вигляді прямокутного паралелепіпеда з двома плоскими взаємно паралельними вимірювальними поверхнями з визначеними розмірами цих поверхонь (рис. 2.1, а). За довжину кінцевої міри довжини в будь-якій точці приймають довжину перпендикуляра АВ (рис. 2.1, б), опущеного з відповідної точки вимірювальної поверхні кінцевої міри на протилежну вимірювальну поверхню. Обидві вимірювальні поверхні

		відрізняються від інших поверхонь ПКМД малою шорсткістю (середнє арифметичне відхилення профілю $Ra \leq 0,016$ мкм). ПКМД поставляють у наборах (рис. 2.1, в) під певними номерами і розсіпом на замовлення. Найпоширеніші набори з номерами 1,6 та 16. Залежно від точності виготовлення ПКМД, тобто від максимального відхилення довжини кінцевої міри від номінальної і від рівня відхилення від плоскопаралельності вимірювальних поверхонь, їх поділяють за класами точності: 00; 01; 0; 1; 2 і 3 (міри зі сталі) і 00; 0; 1; 2 і 3 (міри із твердого сплаву). Після ремонту ПКМД можуть бути віднесені до класів точності 4 і 5. Клас точності набору кінцевих мір визначається нижчим класом окремої міри, що входить у набір. До кожного набору додають паспорт, у якому вказують номінальну довжину кожної міри і відхилення. Залежно від похибки вимірювання довжини міри (похибки атестації) і відхилення їх (робочих поверхонь) від площинності і паралельності кінцеві міри поділяють на 5 розрядів: 1, 2, 3, 4 і 5-й (для 1-го розряду визначена найменша похибка атестації). Похибки наводять в атестаті міри. Відхилення довжини ПКМД від номінальної – найбільша за абсолютним значенням різниця між довжиною кінцевої міри в будь-якій точці і номінальною довжиною ПКМД. Засоби технічних вимірювань та їх застосування 2 Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua — 43 — Відхилення від плоскопаралельності вимірювальних поверхонь кінцевої міри – різниця між найбільшою та найменшою довжинами
19	Плоско паралельні кінцеві міри довжини.	Плоскопаралельні кінцеві міри довжини (скорочено ПКМД) згідно із ГОСТом 9038–83 виконують у вигляді прямокутного паралелепіпеда з двома плоскими взаємно паралельними вимірювальними поверхнями з визначеними розмірами цих поверхонь (рис. 2.1, а). За довжину кінцевої міри довжини в будь-якій точці приймають довжину перпендикуляра АВ (рис. 2.1, б), опущеного з відповідної точки вимірювальної поверхні кінцевої міри на протилежну вимірювальну поверхню. Обидві вимірювальні поверхні відрізняються від інших поверхонь ПКМД малою шорсткістю (середнє арифметичне відхилення профілю $Ra \leq 0,016$ мкм). ПКМД поставляють у наборах (рис. 2.1, в) під певними номерами і розсіпом на замовлення. Найпоширеніші набори з номерами 1,6 та 16. Залежно від точності виготовлення ПКМД, тобто від максимального відхилення довжини кінцевої міри від номінальної і від рівня відхилення від плоскопаралель-

		ності вимірювальних поверхонь, їх поділяють за класами точності: 00; 01; 0; 1; 2 і 3 (міри зі сталі) і 00; 0; 1; 2 і 3 (міри із твердого сплаву). Після ремонту ПКМД можуть бути віднесені до класів точності 4 і 5. Клас точності набору кінцевих мір визначається нижчим класом окремої міри, що входить у набір. До кожного набору додають паспорт, у якому вказують номінальну довжину кожної міри і відхилення. Залежно від похибки вимірювання довжини міри (похибки атестації) і відхилення їх (робочих поверхонь) від площинності і паралельності кінцеві міри поділяють на 5 розрядів: 1, 2, 3, 4 і 5-й (для 1-го розряду визначена найменша похибка атестації). Похибки наводять в атестаті міри. Відхилення довжини ПКМД від номінальної – найбільша за абсолютним значенням різниця між довжиною кінцевої міри в будь-якій точці і номінальною довжиною ПКМД. Засоби технічних вимірювань та їх застосування 2 Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua — 43 — Відхилення від плоскопаралельності вимірювальних поверхонь кінцевої міри – різниця між найбільшою та найменшою довжинами кінцевої міри. Складність виготовлення ПКМД і швидке зношування визначили особливу систему їх застосування з урахуванням похибки ПКМД за атестатом, виданим перевірними органами. Залежно від точності атестації в органах метрологічної служби ПКМД поділяють на п'ять розрядів: перший, другий, третій, четвертий і п'ятий. Найвищим за точністю є перший розряд. Особливою властивістю ПКМД є їхня притиральність – властивість вимірювальних поверхонь кінцевих мір, що забезпечує міцне зчеплення між собою, а також із плоскою металевою, скляною або кварцовою пластинами під час накладання чи насування однієї кінцевої міри на іншу або кінцевої міри на пластину (рис. 2.1, г). Притиральність ПКМД зумовлена
--	--	---

		силами зчеплення їхніх вимірювальних поверхонь. Вона характеризується нормованими силами зсуву. Під час роботи з ПКМД у загальному випадку, якщо в наборі немає міри необхідного номінального розміру, складають блок (рис. 2.2) з можливо меншого числа мір, для чого спочатку розраховують і підбирають кінцеві міри довжини. Визначення номінальних розмірів блоку ПКМД починають із кінцевої міри, у якої розмір закінчується на останню цифру необхідного номінального розміру. Далі від розміру блоку віднімають розмір першої ПКМД і операцію підбору повторюють за тим самим правилом. При використанні кінцевих мір, для яких встановлений розряд, розмір блоку плиток визначають за номінальними значеннями мір з урахуванням дійсних відхилень, наведених
20	Призначення кінцевих мір.	Плоскопаралельні кінцеві міри довжини призначені для зберігання і відтворення одиниці довжини відповідно до державної перевірної схеми, для перевірки і градування мір та вимірювальних приладів, для установки приладів на нульові поділки під час вимірювань методом порівняння з мірою, для безпосередніх вимірювань найбільш точних розмірів виробів, для розмітки виробів; їх використовують також під час лекальних, слюсарних, складальних та регулювальних робіт. ПКМД, що слугують для перевірки і градування засобів вимірювань, називають зразковими. По зразкових ПКМД 1-го розряду повіряють зразкові ПКМД 2-го розряду, потім по ПКМД 2-го розряду повіряють зразкові ПКМД 3-го розряду, по ПКМД 3-го розряду повіряють міри 4-го розряду і по ПКМД 4-го розряду повіряють міри 5-го розряду. До кінцевих мір довжини поставляють набори пристосувань, що розширює сферу застосування ПКМД. Пристосування (рис. 2.3) призначені для складання блоків ПКМД для забезпечення зручного користування ними під час вимірювання розмірів і виконання розмічувальних робіт. До набору входять державки для кріплення ПКМД, основа для кріплення державок, плоскопаралельні, радіусні, центрові та рисувальні боковики, лінійки. Конструкцію поширених державок наведено на рис. 2.3, а. Державка у зборі з блоком ПКМД і боковиками для вимірювання зовнішніх розмірів (рис. 2.3, б) забезпечена стабілізатором сили притиску блоку ПКМД, яка повинна бути не менша ніж 350 Н. Стабілізатор установлюють між блоком ПКМД і притисочною планкою. При вимірюванні внутрішніх розмірів, наприклад, діаметра отвору, збирають блок ПКМД із ра-

		діусними боковиками (рис. 2.3, в). При розрахунку блоку ПКМД потрібно до суми номінальних розмірів кінцевих мір додати суму радіусів двох боковиків
21	Класи точності кінцевих мір.	Плоскопаралельні кінцеві міри довжини (скорочено ПКМД) згідно із ГОСТом 9038–83 виконують у вигляді прямокутного паралелепіпеда з двома плоскими взаємно паралельними вимірювальними поверхнями з визначеними розмірами цих поверхонь (рис. 2.1, а). За довжину кінцевої міри довжини в будь-якій точці приймають довжину перпендикуляра АВ (рис. 2.1, б), опущеного з відповідної точки вимірювальної поверхні кінцевої міри на протилежну вимірювальну поверхню. Обидві вимірювальні поверхні відрізняються від інших поверхонь ПКМД малою шорсткістю (середнє арифметичне відхилення профілю $Ra \leq 0,016$ мкм). ПКМД поставляють у наборах (рис. 2.1, в) під певними номерами і розсіпом на замовлення. Найпоширеніші набори з номерами 1,6 та 16. Залежно від точності виготовлення ПКМД, тобто від максимального відхилення довжини кінцевої міри від номінальної і від рівня відхилення від плоскопаралельності вимірювальних поверхонь, їх поділяють за класами точності: 00; 01; 0; 1; 2 і 3 (міри зі сталі) і 00; 0; 1; 2 і 3 (міри із твердого сплаву). Після ремонту ПКМД можуть бути віднесені до класів точності 4 і 5. Клас точності набору кінцевих мір визначається нижчим класом окремої міри, що входить у набір. До кожного набору додають паспорт, у якому вказують номінальну довжину кожної міри і відхилення. Залежно від похибки вимірювання довжини міри (похибки атестації) і відхилення їх (робочих поверхонь) від площинності і паралельності кінцеві міри поділяють на 5 розрядів: 1, 2, 3, 4 і 5-й (для 1-го розряду визначена найменша похибка атестації). Похибки наводять в атестаті міри. Відхилення довжини ПКМД від номінальної – найбільша за абсолютним значенням різниця між довжиною кінцевої міри в будь-якій точці і номінальною довжиною ПКМД. Відхилення від плоскопаралельності вимі-



рювальних поверхонь кінцевої міри – різниця між найбільшою та найменшою довжинами кінцевої міри.

Складність виготовлення ПКМД і швидке зношування визначили особливу систему їх застосування з урахуванням похибки ПКМД за атестатом, виданим перевірними органами. Залежно від точності атестації в органах метрологічної служби ПКМД поділяють на п'ять розрядів: перший, другий, третій, четвертий і п'ятий. Найвищим за точністю є перший розряд. Особливою властивістю ПКМД є їхня притиральність – властивість вимірювальних поверхонь кінцевих мір, що забезпечує міцне зчеплення між собою, а також із плоскою металевою, скляною або кварцовою пластинами під час накладання чи насування однієї кінцевої міри на іншу або кінцевої міри на пластину (рис. 2.1, г). Притиральність ПКМД зумовлена

		силами зчеплення їхніх вимірювальних поверхонь. Вона характеризується нормованими силами зсуву. Під час роботи з ПКМД у загальному випадку, якщо в наборі немає міри необхідного номінального розміру, складають блок (рис. 2.2) з можливо меншого числа мір, для чого спочатку розраховують і підбирають кінцеві міри довжини. <u>Визначення номінальних розмірів блоку</u>
22	Набори мір.	Вимірювання зовнішніх та внутрішніх розмірів за допомогою блоків ПКМД є особливо раціональним при виготовленні виробів високої точності. У цьому випадку розмір блоку ПКМД повинен відповідати номінальному або граничному розміру виробу. Пристосування до ПКМД використовують у розмічувальних роботах (рис. 2.3, д) для викреслювання кола або прямих, паралельних базі (рис. 2.3, е). В останньому випадку основу встановлюють на плиту, а державку з блоком ПКМД закріплюють до основи шляхом введення нижнього вкладиша державки під вкладиш основи. При вимірюванні розмірів за допомогою блоку ПКМД необхідно знати силу під час вимірювання, що виникає між дотичними поверхнями ПКМД і виробом. Ця сила має забезпечувати порівняно щільний контакт поверхонь, але водночас – легкість і плавність їх відносного переміщення. Із цією метою з двох кінцевих мір довжини 1 (рис. 2.3, е), наприклад, номінального розміру 20 і 30 мм, складають блок ПКМД із притертими до нього двома боковиками 2. Зібраний блок поміщають у державку 3 і після затискання гайки 4 притискають його за допомогою гвинта 5. Переміщуючи ПКМД 6 номінального розміру 50 мм між боковиками 2, одержують уявлення про силу при вимірюванні. Використання пристосувань для контролю зовнішніх та внутрішніх розмірів – особливо зручне і раціональне під час виготовлення деталей та виробів високої точності в умовах дрібносерійного виробництва. У цьому випадку за допомогою пристосувань міри можна набирати за граничними розмірами виробу і ними можна користуватися як двосторонніми граничними калібрами з прохідною та непрохідною сторонами. Пристосування до плоскопаралельних кінцевих мір довжини знаходять широке застосування у вимірювальній практиці. Ними користуються для настройки на розмір і для перевірки різних вимірювальних приладів.