

РОЗШИРЕНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ (конспект)
з навчальної дисципліни
«МЕТРОЛОГІЯ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ»
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
денної та заочної форм навчання
спеціальності: 274 «Автомобільний транспорт»

Тема 1. Виникнення та розвиток стандартизації і метрології. Якість продукції та взаємозамінність в автомобільній промисловості.

Поняття про метрологію і стандартизацію. Якість продукції машинобудування. Показники якості продукції машинобудування. Система управління якістю. Поняття про взаємозамінність. Взаємозамінність та її види. Система переважуючих чисел і параметричні ряди. Спрощення, типізація, уніфікація і агрегування. Основні поняття і визначення, що використовуються при забезпеченні розмірної взаємозамінності. Лінійні розміри, граничні відхилення та допуски. Нанесення граничних відхилень на кресленнях.

Проблема якості – це об’єктивне відображення постійного розвитку промисловості в усьому світі, в першу чергу, вдосконалення техніки. Підвищення якості продукції є одним із важливих економічних і політичних завдань на сучасному стані суспільного виробництва.

У питаннях підвищення якості продукції велика роль відводиться використанню можливості стандартизації, як одного з ефективних важелів управління економікою.

Якість - сукупність характеристик об’єкта, що стосуються його здатності задовольняти встановлені й передбачені потреби (ДСТУ 3230-95). Якість продукції залежить від технічного рівня машинобудування і його галузей, що визначається великою кількістю факторів: досконалістю конструкції, якістю застосування матеріалів, потужністю на один кілограм маси конструкції, рівнем уніфікації, стандартизації й агрегування та іншими.

Продукцію народного господарства можна розподілити на два класи. Перший - це продукція, що повністю витрачається за її використання. При цьому відбуваються незворотні процеси: переробки (сировини, матеріалів, напівфабрикатів), згорання (палива), засвоєння (харчових продуктів, добрива), тощо. Другий - це продукція, яка за використання витрачає свій ресурс до межі, поки не наступить її технічне і моральне зношення.

Продукція розподіляється на п’ять груп: 1) сировина і природне паливо; 2) матеріали і продукти; 3) витратні вироби; 4) не ремонтвані вироби; 5)

ремонтовані вироби.

З якістю безпосередньо зв'язані такі поняття як надійність і довговічність виробів, що випускаються або відновлюються.

Надійність виробів - це властивість виконувати задані функції, зберігати свої експлуатаційні показники у встановлених межах протягом визначеного часу.

Довговічність виробів - це властивість виконувати свої функції з встановленими показниками до граничного стану виробу з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту. Довговічність характеризується ресурсом, тобто наробітком виробу до його граничного стану (тривалістю або обсягом роботи виробу в годинах, кілометрах, гектарах, інших одиницях).

Для позначення специфічної галузі науки, що займається розробкою загальних принципів і методів вимірювання якості, введено термін кваліметрія.

Її основні завдання:

- визначення номенклатури необхідних показників якості виробів та їх оптимальних значень;
- розробка методів кількісної оцінки якості;
- створення методики обліку якості в часі.

Найефективнішими показниками якості виробів є їх експлуатаційні характеристики, що визначають якість виконання виробом заданих функцій.

Показники якості продукції - це кількісна характеристика однієї чи декількох властивостей продукції, що становлять її якість. Розглядається така характеристика стосовно конкретних умов створення, експлуатації та споживання цієї продукції. Залежно від заданих функцій вироби можуть мати різні експлуатаційні показники.

Взаємозамінністю називається властивість виробів рівноцінно замінити будь-який екземпляр іншим однотипним екземпляром. Виконання вимог до точності деталей є найважливішою умовою забезпечення взаємозамінності. Крім цього, необхідно виконувати й інші умови: вимоги до матеріалу, до способів застосування технологій виготовлення й контролю.

Повна взаємозамінність має наступні переваги:

1. Спрощується процес збірки виробів.
2. Збірка точно нормується за часом і створюються умови для її автоматизації.
3. Можлива широка спеціалізація й кооперація заводів.
4. Спрощується ремонт виробів.

Взаємозамінність може бути також неповною. У цьому випадку роблять групову добірку деталей (селективна зборка), регулюють положення частин

виробів і здійснюють інші додаткові технологічні заходи. Вона може здійснюватися тільки за окремими геометричними, електричними або іншими параметрам.

Застосування неповної або обмеженої взаємозамінності дозволяє одержувати точні сполучення при більш грубих допусках на виготовлення деталей. Але при цьому збільшується трудомісткість зборки і відсутня можливість поставки взаємозамінних запасних деталей.

Рівень взаємозамінності виробництва характеризується коефіцієнтом взаємозамінності K_v , що дорівнює відношенню трудомісткості виготовлення взаємозамінних деталей до загальної трудомісткості виготовлення виробу. Ступінь наближення K_v до одиниці є показником високого технічного рівня виробництва.

Необхідною умовою забезпечення взаємозамінності є наявність правильно розроблених креслень. Точні вимоги встановлюють у вигляді граничних відхилень розмірів і форм деталей, взаємного положення, шорсткості поверхонь, що забезпечують взаємозамінність цих деталей.

Для забезпечення взаємозамінності необхідно також точне устаткування, якісні інструменти й засоби контролю, а також висока кваліфікація робітників.

Для підвищення ефективності роботи машинобудівних підприємств необхідно виконувати принципи функціональної взаємозамінності.

Функціональною взаємозамінністю називається така форма взаємозамінності, при якій експлуатаційні показники роботи виробів (потужність, продуктивність, довговічність, точність, надійність) будуть економічно оптимальними.

Параметри, величина й відхилення яких впливає на експлуатаційні показники машини, називаються функціональними.

Установлюючи припустимі відхилення експлуатаційних показників машини можна визначити оптимально допуски на функціональні параметри. Залежно від принципу дії машини функціональні параметри можуть бути геометричними, кінематичними, електричними й оптичними.

Тема 2. Єдина система допусків і посадок (ЄСДП).

Єдина система допусків і посадок (ЄСДП) – загальні відомості. Інтервали номінальних розмірів. Допуски. Принципи побудови системи допусків і посадок (квалітети, відхилення та системи посадок). Види з'єднань, класифікація посадок та розрахунок характеристик посадок. Позначення на креслениках полів допусків і посадок. Нормування та методи вибору полів допусків і посадок.

Номінальний розмір деталі – основний розмір, що фіксується в технічній

документації (кресленні), визначений, виходячи із призначення деталі, і є початком відліку відхилень. Номінальні розміри одержують у результаті призначення і розрахунку деталі на міцність.

Для скорочення кількості типу розмірів заготовок і інструмента, а також можливості мінімізації технологічних процесів, величини номінальних розмірів округлюють у більший бік і вибирають за стандартом «Нормальні лінійні розміри».

Вихідними даними для регламентації розмірів є ряди чисел, стандартизованих відповідно до рекомендацій ISO і побудованих у геометричній прогресії зі знаменниками для рядів: R5 – 1.6; R10 – 1.25; R20 – 1.12. При виборі нормальних розмірів перевагу віддають числам із рядів із більшою градацією.

У виробництві неможливо виконати абсолютно точно необхідні розміри деталей. Деяка похибка вноситься також при вимірюванні, тому існує поняття – дійсний розмір деталі, тобто розмір, обумовлений вимірюванням із допустимою похибкою.

Граничними розмірами називається два допустимих граничних значення розміру, між якими повинен знаходитися розмір придатної деталі. Більше значення – найбільший граничний розмір, менше – найменший граничний розмір. У таблицях стандартів на допуски, граничні розміри задаються величинами верхнього й нижнього відхилення від номінального розміру.

Верхнім граничним відхиленням ES (отвір), es (вал) називається різниця між найбільшим граничним розміром і номінальним.

Нижнім граничним відхиленням EI (отвір), ei (вал) називається різниця між найменшим граничним і номінальним розміром.

На кресленнях відхилення проставляються в міліметрах, а в таблицях дані – у мікронах.

Допуском розміру „Т“ називається різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами.

Поле допуску називається частина простору, яка обмежена граничними розмірами. При схематичному зображенні полів допусків, відхилення розмірів відкладають від лінії номінального розміру, що носить назву нульової лінії.

На допуски й посадки гладких елементів деталей розроблений стандарт ДСТУ 286-1:2002. Для нормування необхідних рівнів точності встановлені квалітети (ступеня точності) виготовлення деталей. Стандартом установлюється 19 квалітетів (01,0,1,2...17). Сукупність допусків, що відповідають однаковому ступеню точності для всіх номінальних розмірів, називаються квалітетом. Квалітети (класи точності) позначають: IT01,...IT17. IT1 – допуск за першим квалітетом ISO. Самий точний квалітет – 01.

Для побудови системи допусків установили одиницю допуску “i”, що

виражає залежність допуску від номінального розміру.

Діапазон до 500 мм розбитий на 13 інтервалів.

Під квалітетом розуміють сукупність допусків, що характеризуються постійною відносною точністю (обумовленою коефіцієнтом „а“) для всіх номінальних розмірів даного діапазону.

Точність у межах одного квалітету змінюється тільки залежно від номінального розміру. Для кожного квалітету побудовані ряди допусків.

Тема 3. Засоби технічних вимірювань.

Технічне вимірювання та контроль. Похибки вимірювання. Класифікація методів і засобів вимірювання. Метрологічні показники засобів вимірювання. Фізичні величини, методи і засоби їх вимірювань, обробка результатів вимірювань. Вибір засобів вимірювань за точністю.

При виготовленні й вимірюванні виникає дві категорії похибок: систематичні й випадкові.

Систематичними називаються похибки, постійні за величиною і знаком, або які змінюються за певним законом. Ці похибки можуть з'являтися внаслідок неправильного налаштування верстата, інструмента й пристосувань, а також температурних деформацій верстата, пристосування, деталі, інструмента.

Прикладом систематичної похибки є похибка від розмірного зношення різального інструменту. У більшості випадків причини систематичних похибок можна виявити й усунути. Систематичні похибки, які неможливо усунути (зношення інструмента, неточність верстата й пристосувань) потрібно враховувати допуском на розмір і форму деталі.

Систематичні похибки окремих етапів виготовлення і вимірювання складають алгебраїчно, тобто з урахуванням знака. Випадковими називаються похибки, непостійні за величиною і знаком, поява яких не підкоряється закономірностям.

Причинами випадкових похибок є: мінливість механічних властивостей матеріалу, а також зусиль і зазорів у рухливих з'єднаннях верстата. Випадкові похибки не можуть бути визначені заздалегідь. Наявність випадкових похибок виявляють при повторному вимірюванні однієї й тієї ж величини, коли одержуються різні числові значення.

Випадкові похибки спричиняють розсіювання розмірів деталей. Ці похибки неможливо усунути і тому їхній вплив враховують тільки допуском на розмір і форму деталей.

Випадкові величини розділяють на дискретні й безперервні. Дискретною називається така величина, що може приймати лише ряд цілком певних значень.

Безперервною називається величина, що приймає будь-яке значення.

Засоби вимірювання, які застосовуються в машинобудуванні за призначенням можна розділити на універсальні і спеціальні. Спеціальні засоби призначені для вимірювання одного або декількох параметрів деталей певного типу.

До вимірювальних засобів належать: штангенциркулі, штангензубоміри, штангенглибиноміри, штангенрейсмуси, штангензубоміри, мікрометричні, механічні, оптичні, оптико-механічні, пневматичні прилади.

Мікрометричні вимірювальні інструменти засновані на використанні гвинтової пари (гвинт – гайка), яка перетворює обертальний рух мікрогвинта в поступальний. За призначенням мікрометри поділяють на: гладкі для вимірювання зовнішніх розмірів, нутроміри для визначення внутрішніх розмірів, глибиноміри, спеціальні мікрометри (листові, трубні, зубомірні з різьбовими вставками).

До механічних вимірювальних приладів належать прилади із зубчатою передачею – індикатори годинникового типу. В даний час випускаються індикатори годинникового типу з цифровим (електронним) відліком показників.

Прилади з пружинною і пружинно-оптичною передачею: мікрокатори і оптикатори, які мають ціну розподілу шкали 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0 мкм.

Оптико-механічні прилади – оптиметри, довгоміри, вимірювальні машини, інструментальні мікроскопи, проектори. Діапазон вимірювань приладів: від 0 до 1080 мм, точність складає 1 мкм.

Особливою точністю до 0,2 мкм володіють інтерферометри, що працюють в діапазоні вимірювань $0 \div 150$ мм.

Для контролю лінійних розмірів в машинобудуванні набули поширення пневматичні прилади типу Солекс і Ротаметр, а також лазери. Лазерні вимірювальні пристрої використовують у корабле-, літако-, ракетобудуванні.

Тема 4. Допуски форми та розташування поверхонь.

Основні терміни та визначення. Відхилення та допуски форми поверхонь. Відхилення та допуски розташування поверхонь. Сумарні відхилення і допуски форми та розташування поверхонь. Залежні та незалежні допуски. Нормування допусків форми та розташування поверхонь. Контроль допусків форм та розташування поверхонь. Позначення на кресленнях допусків форми та розташування поверхонь.

Під точністю обробки розуміють ступінь наближення значення геометричних параметрів готової деталі до розрахункових значень цих параметрів, зазначених у кресленнях.

Похибка розміру визначається як різниця між дійсним і розрахунковим (конструктивним) розміром. Відмінність дійсних поверхонь від розрахункових, обумовлена наступними причинами:

1. Зношуванням інструмента й пристосувань.
2. Неточністю верстата.
3. Температурними деформаціями верстата, інструмента й деталі.
4. Помилками робітника при роботі (настроювання устаткування, установка й підведення інструмента тощо).

При аналізі точності геометричних параметрів деталей розрізняють номінальні поверхні, форма яких задана кресленням, і реальні поверхні, що обмежують тіло. Реальне розташування поверхні визначається дійсними розмірами між ними й базами або між розглянутими поверхнями, якщо бази не дані.

Профіль поверхні – це лінія перетинання поверхні з вертикальною площиною, або заданою поверхнею.

Відхилення геометричних параметрів можна розділити на 5 груп:

1. Відхилення розміру.
2. Відхилення розташування поверхонь.
3. Відхилення форми поверхонь.
4. Хвилястість поверхні.
5. Шорсткість поверхні.

За величину відхилення форми приймають відстань від реальної поверхні до прилягаючої поверхні.

Прилягаюча поверхня – це поверхня, яка дотикається до реальної поверхні деталі так, щоб відстань від її найбільш віддаленою точки до прилеглої поверхні була найменшою.

Відхилення від округлості оцінюється як найбільша відстань від точок реального профілю до прилягаючої окружності. Допуск овальності – це найбільше припустиме значення відхилення від кола.

Овальність – відхилення від кола, при якому найбільший і найменший діаметр перебувають у взаємно перпендикулярних напрямках.

Огранювання – відхилення від кола, при якому реальний профіль представляє багатогранну фігуру з рівними гранями. Величина огранювання дорівнює найбільшій відстані від точок реального профілю до прилеглої окружності.

Овальність виникає при битті шпинделя верстата, а огранювання пояснюється тимчасовою зміною центра обертання деталі, наприклад при безцентрованому шліфуванні.

Відхилення від циліндричності – це найбільша відстань від точок реальної

поверхні до прилеглого циліндра. Поле допуску циліндричності визначається простором, обмеженим двома співвісними циліндрами, що перебувають один від одного на відстані, яка дорівнює допуску циліндричності.

Окремими видами відхилення профілю поздовжнього перетину циліндра є: конусоподібність, бочкаподібність і сідлоподібність.

До відхилень форми деталей із плоскими поверхнями належать відхилення від прямолінійності й площинності. Відхилення від прямолінійності (непрямолінійність) – відхилення від прямої лінії профілю перетину поверхні площиною, нормально розташованої до неї в заданому напрямку.

Відхилення від площинності визначається як найбільша відстань від точок реальної поверхні до прилеглої площини (рис.1.6 б). Поле допуску площинності – це область між двома паралельними площинами, що лежать на відстані допуску площинності. Окремими видами відхилень від площинності є опуклість і угнутість.

Стандартом передбачене також нормування відхилень розташування поверхонь деталей.

Відхилення від паралельності площин – це різниця найбільшої й найменшої відстаней між прилеглими площинами в межах нормованої ділянки.

Відхилення від перпендикулярності вісі й нахилу площин – це найбільша відстань між дійсною й номінальною поверхнею в межах нормованої ділянки.

Відхилення від симетричності – це найбільша відстань між базовою й розглянутою площинами симетрії в межах нормованої ділянки.

Відхилення від співвісності, від перетину осей і позиційний допуск – це величина зміщення осей від їхнього номінального розташування в межах нормованої ділянки.

Радіальне биття – є результатом спільного прояву відхилення від округлості профілю й відхилення його центра від базової вісі. Воно дорівнює різниці найбільшої й найменшої відстаней від точок реального профілю до базової вісі.

Торцеве биття – це різниця найбільшої і найменшої відстані від точок торцевої поверхні до площини, перпендикулярної до вісі обертання.

Допуски розташування можуть бути залежними й незалежними.

Залежним називається змінний допуск розташування (у кресленні вказують мінімальне значення), що допускає перевищення на величину, яку оцінюють залежно від дійсних розмірів визначальних елементів усіх деталей.

Незалежним називається допуск розташування або форми, величина якого постійна для всіх деталей і не залежить від дійсних відхилень розмірів розглянутих поверхонь.

Тема 5. Шорсткість і хвилястість поверхонь.

Основні терміни та визначення. Шорсткість та її параметри. Хвилястість поверхні. Позначення шорсткості поверхні на кресленнях. Нормування шорсткості. Контроль шорсткості та хвилястості поверхні.

Тема 6. Розмірні ланцюги.

Основні поняття, терміни, визначення, позначення. Розмірний ланцюг та його ланки. Види розмірних ланцюгів та їх призначення. Задачі, які вирішуються за допомогою розмірних ланцюгів. Характеристика методів рішення розмірних ланцюгів. Основні рівняння розмірного ланцюга.

Розмірним ланцюгом називають сукупність розмірів, що створюють замкнутий контур. На кресленні не проставляють розмір замикаючої ланки, оскільки для обробки він не потрібен. Розміри, які утворюють розмірний ланцюг, називають ланками розмірного ланцюга.

Розмірний ланцюг називають лінійним, якщо всі ланки паралельні

Розмір, що виходить останнім у процесі обробки або збірки називається замикаючим (A_0). Його величина й точність залежать від величини й точності всіх інших розмірів ланцюга, які називаються складовими ($A_1 A_2 \dots A_{m-1}$).

Складовий розмір (A_1) називається збільшуваним, якщо зі збільшенням його величини розмір замикаючої ланки (A_0) також збільшується, а розмір (A_2) називають зменшуваним, якщо зі збільшенням його величини замикаючий розмір зменшується. На схемі перші позначають стрілками над літерними позначеннями ланок спрямованими вправо, а другі – стрілками вліво.

Сутність розрахунку розмірного ланцюга полягає у встановленні допусків і граничних відхилень всіх її ланок виходячи з вимог конструкції й технології.

Щоб забезпечити повну взаємозамінність, розмірні ланцюги розраховують за методом максимуму і мінімуму, при якому допуск замикаючого розміру визначають арифметичним додаванням допусків складових розмірів.

Порядок обробки й збірки деталей потрібно будувати таким чином, щоб замикаючим був менш відповідальний розмір, оскільки його похибка буде найбільшою.

Для компенсації похибки застосовують нерухомі й рухливі компенсатори. Роль компенсатора звичайно виконує спеціальна ланка у вигляді набору прокладок, проміжних кілець, регульованого упору, клину.

Тема 7. Нормування точності з'єднань підшипників кочення з посадочними поверхнями.

З'єднання підшипників кочення з деталями машин і приладів. Види

підшипників кочення, класи точності. Посадки підшипників кочення. Види навантаження кілець підшипників кочення та їх визначення. Вибір полів допусків посадочних місць під кільця підшипників кочення. Позначення посадок підшипників кочення на креслениках.

З'єднання підшипників кочення з деталями машин і приладів є окремим випадком гладких циліндрових з'єднань, дуже поширених, але такі, що мають свої специфічні особливості.

За виглядом тертя розрізняють підшипники кочення і підшипники ковзання. Порівняно з підшипниками ковзання, підшипники кочення мають переваги: малий коефіцієнт тертя, велику вантажопідйомність при меншій ширині підшипника, не складність монтажу, відходу і обслуговування, незначна витрата масла. До недоліків відноситься значно менша довговічність при високій швидкості обертання і великих навантаженнях, великі зовнішні діаметри, обмежена можливість сприймати ударні навантаження.

Підшипники кочення є стандартними виробами, які виготовляють на спеціалізованих державних підшипникових заводах (ДПЗ). Вони володіють повною зовнішньою взаємозамінністю по приєднувальних поверхнях кілець і обмеженої внутрішньої взаємозамінності між тілами кочення і доріжками кочення кілець. В результаті особливо високих вимог до точності відмічених елементів при їх збірці використовують селективний метод з'єднання.

За формою тіла кочення підшипники кочення розділяються на кулькові і роликові. Ролики можуть бути циліндрові, голчаті, бочкоподібні, конічні, кручені. За числом рядів тіл кочення розрізняють однорядні, дворядні і чотирирядні підшипники. Залежно від навантаження, яке діє на підшипники, вони розділяються на наступні типи: радіальні, упорні (які сприймає тільки осьове навантаження) і радіально-упорні.

Класи точності підшипників кочення позначають у порядку підвищення точності арабськими цифрами 0, 6, 5, 4, 2, Т для кулькових і роликових радіальних і кулькових радіально-наполегливих, 0, 6, 5, 4, 2 – для упорних і радіально-упорних 0, 6х, 6, 5, 4, 2 - для роликових конічних. Встановлені додаткові класи точності підшипників: 8 і 7, які нижчі за клас точності 0 для застосування за замовленням споживачів в невідповідальних вузлах. Клас точності підшипника визначає не тільки допуск діаметру і інших приєднувальних розмірів підшипника, але і точність його обертання.

Тема 8. Нормування точності кутів та конусів.

Посадки конічних поверхонь. Нормальні кути та конуси. Нормування точності кутів та конусів. Посадки конічних поверхонь та їх призначення. Види гладких конічних з'єднань. Контроль кутів та конусів.

Вимірювання лінійних та кутових розмірів займають значне місце в різних галузях науки та техніки, зокрема, в машино- та приладобудуванні, де на вимірювання цих величин припадає до 80 % від всіх вимірювань в цих галузях.

Завдання вимірювань лінійних та кутових розмірів можна розділити на такі групи: вимірювання лінійних розмірів в діапазоні від часток мкм до декількох десятків метрів та кутових розмірів, від 0,1" до 360°. Найпоширенішими в цій групі є вимірювання розмірів деталей.

Відхилення форми й поверхні деталей спотворюють теоретичний характер посадок, створюють нерівномірність зазорів і є причиною передчасного зношування деталей у рухливих посадках.

Контакт деталей в з'єднаннях відбувається по вершинах мікро-нерівностей. Питомий тиск на вершинах мікронерівностей часто перевершує допустиме напруження, що викликає розрив масляної плівки, зминання й руйнування вершин мікронерівностей. Унаслідок цього в початковий період роботи рухливих з'єднань відбувається інтенсивне зношування деталей, і це збільшує зазор між ними.

У нерухомих посадках відхилення форми поверхні позначаються на ослабленні міцності з'єднання деталей внаслідок неоднорідності величини натягу й зминання гребенів нерівностей на поверхнях при запресовуванні.

Корозія металу виникає й поширюється швидше на грубо оброблених поверхнях, особливо в місцях концентрації напружень.

Отже, для тривалого збереження початкової точності машин і підвищення їхньої довговічності необхідно правильно регламентувати відхилення форми деталей, взаємне розташування, хвилястість і особливо шорсткість їхніх поверхонь.

Технологічним називають допуск, що забезпечується при технологічному процесі. Допуск розміру повинен обмежувати величину сумарної похибки.

Таким чином, допуск на виготовлення визначають, виходячи з необхідності компенсації як випадкових, так і систематичних похибок обробки, якщо систематичні похибки не можуть бути усунуті.