

Міністерство освіти і науки України
Державний університет "Житомирська політехніка"
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

МЕТРОЛОГІЯ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ

Лекція №2 на тему:

Взаємозамінність у машинобудуванні.

1. Поняття про взаємозамінність.
2. Взаємозамінність та її види.
3. Лінійні розміри, граничні відхилення та допуски.
4. Характеристика галузі застосування.
5. Функціональна взаємозамінність.

1. Поняття про взаємозамінність.

Згідно з ДСТУ 1.1:2015 Національна стандартизація. Стандартизація та суміжні види діяльності. Словник термінів (ISO/IEC Guide 2:2004, MOD) **взаємозамінність** – здатність однієї продукції, процесу чи послуги бути використаною замість іншої, щоб виконати ті самі вимоги.

У **машинобудуванні взаємозамінність** – це властивість незалежно виготовлених деталей (вузлів, агрегатів) займати свої місця без додаткових операцій обробки і виконувати при цьому свої функції відповідно до технічних умов.

Отже, ці деталі (вузли, агрегати) повинні відповідати певним правилам, нормам, тобто повинні бути стандартизованими. Тому взаємозамінність ґрунтується на стандартизації і є однією з необхідних умов при виконанні робіт з уніфікації і стандартизації.

Спочатку взаємозамінність використовували з метою швидкої заміни пошкоджених чи спрацьованих деталей на нові. Це прискорювало, полегшувало і здешевлювало експлуатацію і ремонт машин. Проте з розвитком багатосерійного і масового виробництва переваги взаємозамінності почали все ширше використовувати і при виробництві машин. На сучасному етапі складання більшості машин здійснюється на конвеєрі, а це стало можливим завдяки виготовленню взаємозамінних деталей.

2. Взаємозамінність та її види.

Взаємозамінність поділяється на повну і неповну, функціональну і розмірну.

Повна взаємозамінність – це можливість замінити деталі, вузли і агрегати відповідно до технічних умов без будь-яких операцій добору чи припасування (припилювання, шабреньня, притирання тощо).

Повна взаємозамінність має такі переваги при виготовленні, ремонті і в процесі експлуатації машин і обладнання:

- спрощується розбирання і складання під час ремонту й експлуатації, яке полягає у простому з'єднанні деталей чи вузлів;
- процес складання точно нормується за часом, легко вкладається в установлений ритм роботи, його можна організувати потоковим методом; створюються умови для автоматизації і механізації процесів виготовлення і відновлення спрацьованих деталей та складання машин чи обладнання;
- можлива широка кооперація і спеціалізація заводів при виготовленні чи ремонті машин та їх складових частин;
- полегшується експлуатація машин і обладнання, тому що будь-яку пошкоджену деталь можна легко замінити запасною.

Повна взаємозамінність можлива в тих випадках, коли розміри, форма, механічні, електричні та інші кількісні та якісні характеристики деталей та складальних одиниць знаходяться в заданих межах, а зібрані вироби задовольняють технічні вимоги.

Неповна взаємозамінність (обмежена) потребує попереднього сортування деталей, підбору чи припасування.

До неповної взаємозамінності відносять також:

- складання на основі імовірнісних розрахунків;
- складання з регулюванням положення чи розмірів окремих деталей виробу;
- складання з пригонкою однієї із зібраних деталей.

Функціональна взаємозамінність – це не тільки можливість складання чи заміни при ремонті будь-яких деталей, вузлів, але і її оптимальні службові функції. Наприклад, зубчасте колесо повинно не тільки без будь-яких операцій припасування займати своє місце в машині, але і передавати необхідний крутний момент, характеризуватися відповідним передаточним відношенням і мати достатній технічний ресурс.

Розмірна взаємозамінність - властивість незалежно виготовлених із заданою точністю елементів виробів (деталей, вузлів) забезпечувати можливість безпригонного складання виробу або заміни цих елементів при ремонті при дотриманні пред'являються до них технічних вимог.

Зовнішня взаємозамінність – це взаємозамінність куплених та кооперованих виробів, що монтуються в інші більш складні, і складальних одиниць за експлуатаційними показниками, за розмірами та формою приєднувальних поверхонь. Наприклад, в електродвигунах зовнішню взаємозамінність забезпечується за частотою обертання вала та потужністю, за розмірами приєднувальних поверхонь; в підшипниках кочення за зовнішнім діаметром зовнішнього кільця, внутрішнім діаметром внутрішнього кільця та за точністю обертання.

Внутрішня взаємозамінність розповсюджується на деталі, складальні одиниці і механізми, які входять до виробу. Наприклад, у підшипнику кочення внутрішня групова взаємозамінність існує між кільцями та тілами кочення.

Взаємозамінність базується на стандартизації, нормативно технічним документом якого є стандарт.

3. Система переважаючих чисел і параметричні ряди

Кожний вид продукції характеризується параметрами, кількісно вираженими конкретними числами. Наприклад, автомобіль вантажопідйомністю 8т, електродвигун потужністю 10 кВт, вал діаметром 50 мм. Значення параметрів визначається розрахунками чи призначається з конструктивних міркувань.

При цьому числові характеристики параметрів можуть мати різні значення.

Без обмеження використовуваних числових характеристик стандартизація параметрів була б неможливою. Крім того, досвід стандартизації показав, що послідовність чисел, які характеризують параметри стандартизованих об'єктів, повинні бути не випадковими, а рядами, створеними за законами математики.

Це дозволяє поєднати між собою як геометричні розміри, так і параметри, що характеризують потужність, продуктивність, міцність, вантажопідйомність. Для цього встановлюють ряди переважаючих чисел при виборі числових значень параметрів у розрахунках, проектуванні, складанні технологічних документів.

Система переважаючих чисел є теоретичною базою і основою стандартизації.

Застосування переважаючих чисел дозволяє впорядкувати розміри і параметри продукції в міжнародному масштабі.

На початку створення стандартизації одержали поширення ряди, виражені **арифметичними прогресіями**. Арифметична прогресія характеризується тим, що різниця між будь-якими двома сусідніми числами ряду завжди постійна. Наприклад, в арифметичних прогресіях.

$$1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - \dots \quad \text{або} \quad 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - \dots$$

різниця становить відповідно 1 і 5.

Застосування арифметичної прогресії не потребує округлення.

Разом з тим при постійній абсолютній різниці відносна різниця між членами ряду різко зменшується при зростанні ряду. Так, відносна різниця між членами арифметичного ряду 1,2,3,..., 10 для чисел 1 і 2 становить 200%, а для чисел 9 і 10 – усього 11%.

Таке недоцільне розрядження значень у зоні малих і згущення їх у зоні великих величин є суттєвим недоліком і обмежує можливість застосування рядів арифметичної прогресії.

До арифметичних рядів вдалися на ранній стадії стандартизації. Так, за арифметичною прогресією побудовані ряди діаметрів стандартних підшипників кочення.

Дещо частіше використовують **ступінчасто-арифметичні ряди**, в яких різниця (інтервал) значень є постійною не для всього ряду, а тільки для певної його частини. Прикладом такого вирішення є ступінчасто-арифметичні ряди стандартної різьби. Діаметри різьби за ДСТУ ISO 261:2005 мають такі значення: 1–1,1 – 1,2 – 1,4 – 1,6 – 1,8 – 2,0 – 2,2 – ... – 2,5 – 3,0 – 3,5 – 4,0 – 4,5 – 5,0 – ...– 145 – 150 – 155 – 160 – 165..., у яких різниця зростає із збільшенням абсолютного розміру і відповідно дорівнює 0,1; 0,2; 0,5; 5.

Практика показала, що найбільш зручними є **геометричні ряди**, за яких відносна різниця між будь-якими сусідніми числами ряду однакова. Ця важлива властивість пояснюється тим, що геометрична прогресія – це ряд чисел, у яких відношення двох сусідніх членів завжди постійне для конкретного ряду і дорівнює знаменнику прогресії.

Наприклад:

$$1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 32 \dots$$

$$1 - 1,1 - 1,21 - 1,331 \dots$$

$$1 - 10 - 100 - 1000 \dots$$

Знаменник прогресії у цих прикладах відповідно дорівнює 2; 1,1; 10.

Міжнародна практика показує, що для задоволення потреби виробництва достатньо в основу побудови рядів переважаючих чисел взяти геометричні прогресії з такими знаменниками (табл. 1).

Таблиця 1.

Геометричні прогресії із знаменниками

Умовне позначення ряду	Знаменник прогресії	Кількість членів у межах ряду
Ra_5	$\sqrt[5]{10} = 1,6$	5
Ra_{10}	$\sqrt[10]{10} = 1,25$	10
Ra_{20}	$\sqrt[20]{10} = 1,12$	20
Ra_{40}	$\sqrt[40]{10} = 1,059$	40
Ra_{80}	$\sqrt[80]{10} = 1,029$	80
Ra_{160}	$\sqrt[160]{10} = 1$	160

Число в умовному позначенні ряду (Ra_5 , Ra_{10} та ін.) є степінь кореня із 10 і в той же час вказує на кількість членів у межах ряду (наприклад, у ряду Ra_{20} знаменник дорівнює $\sqrt[20]{10}$).

Основні ряди переважаючих чисел наведено в табл. 2.

Таблиця 2.

Основні ряди переважаючих чисел

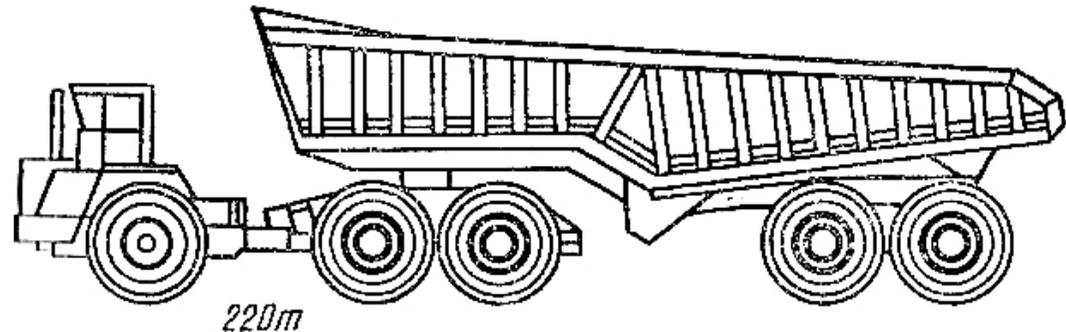
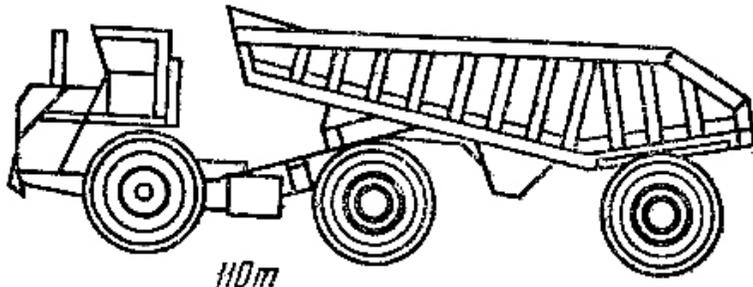
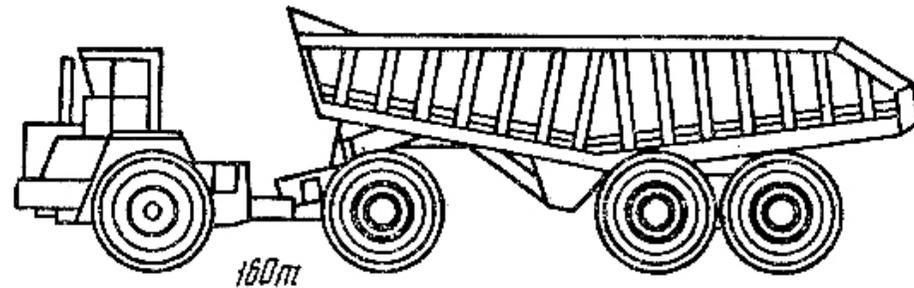
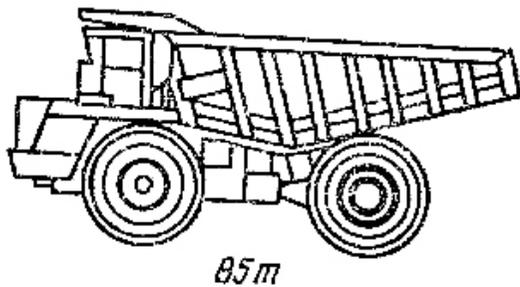
Діапазон розмірів	Ряд	Нормальні лінійні розміри, мм
1-9,5	Ra5	1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3
	Ra10	1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0
	Ra20	1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,2; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3; 7,1; 8,0; 9,0
	Ra40	1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,4; 2,5; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 4,8; 5,0; 5,3; 5,6; 6,0; 6,3; 6,7; 7,1; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5
10-95	Ra5	10; 16; 25; 40; 63
	Ra10	10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80
	Ra20	10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90
	Ra40	10; 10,5; 11; 11,5; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95
100-950	Ra5	100; 160; 250; 400; 630
	Ra10	100; 120; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800
	Ra20	100; 110; 120; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900
	Ra40	100; 105; 110; 115; 120; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 210; 220; 240; 250; 260; 280; 300; 320; 340; 360; 380; 400; 420; 450; 480; 500; 530; 560; 600; 630; 670; 710; 750; 800; 850; 900; 950

Практично для усіх випадків необхідно прагнути застосувати одне із них 40 основних переважаючих чисел.

При встановленні параметрів слід надавати перевагу: ряд Ra_5 , ряду Ra_{10} , ряд Ra_{10} – ряду Ra_{20} , ряд Ra_{20} – ряду Ra_{40} .

Не завжди є потреба використати усі числа того чи іншого ряду. Стандартом допускається використовувати вибіркові і складові ряди.

Як приклад використання перевыжних чисел на рисунку зображено параметричний ряд уніфікованих вантажних автомобілів з значеннями основного параметра – вантажності.



4. Симпліфікація, типізація, уніфікація і агрегатування

Симпліфікація (просте обмеження) – робота з раціонального обмеження числа типів, видів матеріалів, процесів, яка завершується випуском обмежуючого стандарту.

Типізація – обґрунтоване зведення різноманітних машин до невеликої кількості типів (базових) на основі технічних характеристик. Типізація конструкцій машин дозволяє відібрати зразки з найкращими експлуатаційними показниками, які називають конструкціями. Наприклад, базовою конструкцією є трактор МТЗ-80. На його базі випускається цілий ряд спеціальних колісних, гусеничних тракторів, екскаваторів тощо, всього 18 модифікацій.

Уніфікація – виконання одноманітності конструкцій однакових за функціональними призначеннями деталей, складових одиниць, агрегатів, які застосовуються в різних машинах, для раціонального скорочення типів і видів розмірів (паливна апаратура, гальма, гідросистеми тощо). Це найбільш поширений і ефективний метод стандартизації. Уніфікація конструкцій підвищує продуктивність праці, знижує витрати на виготовлення, експлуатацію і ремонт машин, тому що створює умови для розвитку спеціалізації виробництва, комплексної механізації і автоматизації.

Агрегативання – один із методів стандартизації, який полягає у створенні машин, обладнання та інших виробів шляхом їх компонування (складання) із обмеженої кількості стандартних та уніфікованих деталей і агрегатів. Агрегативання розширює застосування універсальних машин і обладнання шляхом створення умов для швидкої заміни їх робочих механізмів, дозволяє скоротити строки освоєння нових машин в десятки разів та підвищити якість їх виготовлення і ремонту.

При визначенні характеристики уніфікації основною одиницею є деталь. Усі деталі, з яких складається машина, поділяється на уніфіковані та оригінальні.

Уніфікована деталь – це деталь, яка під одним і тим же позначенням (номер за каталогом) використовується у двох і більше машинах.

Оригінальна деталь – це деталь, що застосовується в одній конкретній машині.

Уніфіковані деталі поділяються на уніфіковані стандартні, тобто ті, що встановлені стандартами і мають зафіксовані стандартні позначення, і уніфіковані запозичені, тобто раніше спроектовані і застосовані для однієї машини, а потім використані на іншій.

Крім того, в будь-якій сучасній машині є покупні деталі, тобто ті, що не виготовляються на даному підприємстві, а надходять у готовому вигляді як комплектуючі складові машини. Вони також можуть бути стандартними, запозиченими, оригінальними.

Рівень уніфікації – це відношення суми уніфікованих деталей машин до суми всіх деталей машин, яке у загальному вигляді визначається за формулою

$$Y = \frac{\sum n_c + \sum n_z}{\sum n_c + \sum n_z + \sum n_o} \times 100\%$$

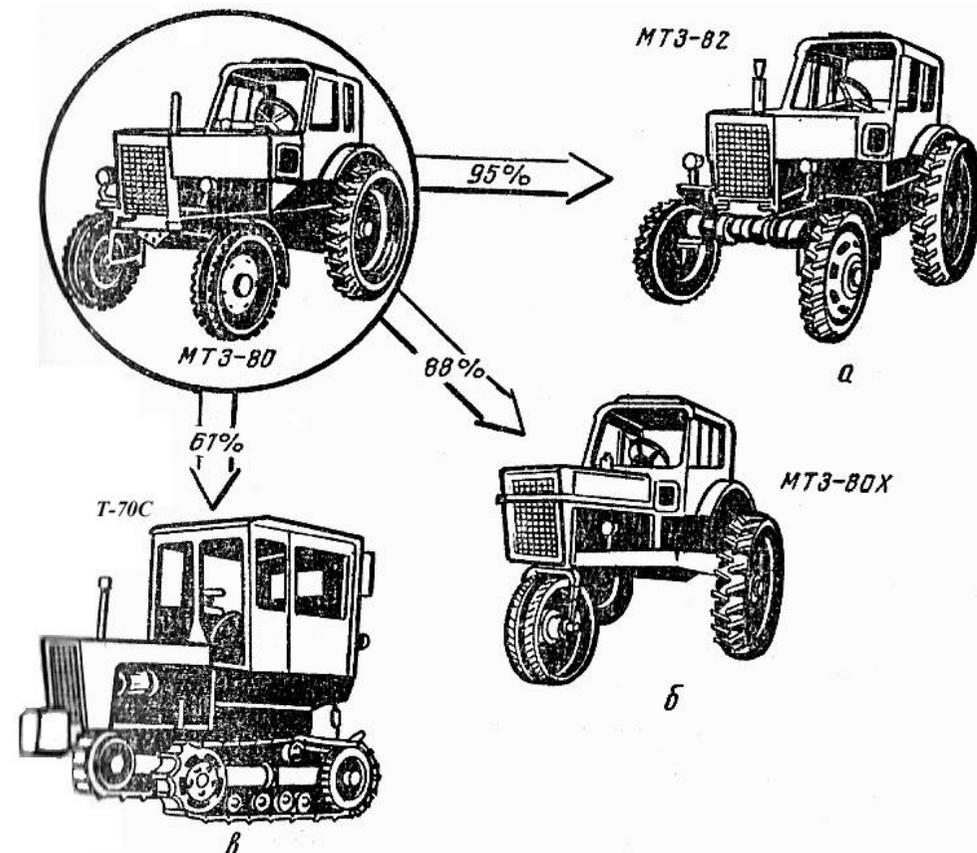
де: Y - рівень уніфікації, %

$\sum n_c + \sum n_z$ - сума найменувань уніфікованих і запозичених деталей;

$\sum n_o$ - сума найменувань оригінальних деталей.

Крім того, в окремих випадках застосовують показники рівня уніфікації за кількістю деталей (шт.), масою деталей (кг), собівартістю деталей (грн.), трудомісткістю виготовлення деталей (люд.-год).

На рисунку наведено приклад уніфікації тракторів різного призначення на базі трактора МТЗ-80.



Для скорочення строків розробки і освоєння виробництва нової техніки, прискорення організації спеціалізованих підприємств, зниження витрат на випуск продукції, підвищення ефективності виробництва і поліпшення якості продукції створюються єдині міжгалузеві системи стандартів, якими доводиться щоденно користуватися в інженерній діяльності. До них треба віднести Єдину систему конструкторської і технологічної документації (ЄСКД і ЄСТД), Єдину систему технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ), Систему допусків і посадок (СДП) та ін.

ЄСКД передбачає єдині правила виконання і оформлення конструкторської документації. До неї входять понад 250 стандартів (9 груп). Усій ЄСКД присвоєна перша цифра 2, після якої записується порядковий номер групи стандартів і порядковий номер стандарту в групі.

Зміст стандартів у кожній з дев'яти груп такий:

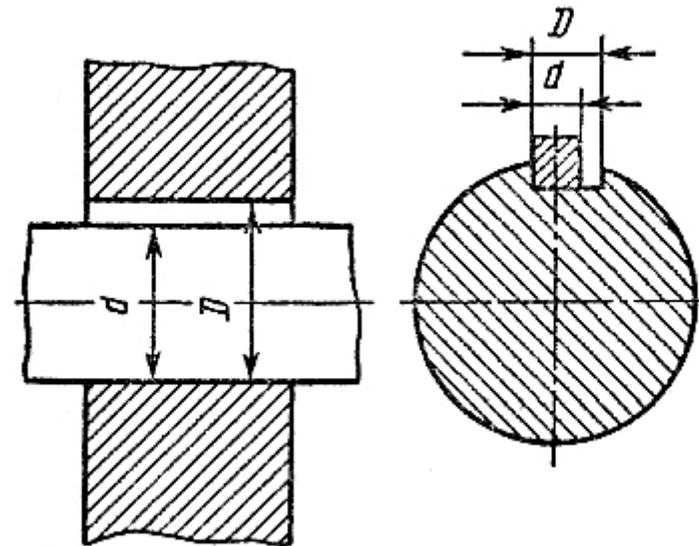
1. Основні положення системи (види виробів, види і комплектність конструкторських документів, стадії розробки, вимоги до креслень, текстові документи тощо).
2. Класифікація, кодування і позначення конструкторської документації.
3. Загальні правила виконання креслень.
4. Правила виконання різних типових деталей: пружин, зубчастих коліс, зірочок, шліцьових з'єднань, трубопроводів, а також електромонтажних креслень.
5. Облік збереження і обсяг документації виробів.
6. Експлуатаційна і ремонтна документація (до цієї групи входять вимоги до навчально-технічних плакатів).
7. Правила виконання схем: електричних, кінематичних, гідравлічних і пневматичних; умовні графічні позначення на схемах.
8. Правила виконання будівельної документації.
9. Спеціальні вимоги та інші стандарти (стандарти на вироби, які призначені на експорт тощо).

5. Основні поняття і визначення, що використовуються при забезпеченні розмірної взаємозамінності

Основні поняття взаємозамінності за геометричними параметрами розглянемо на прикладі отворів і валів, а також їх спряжень (з'єднань) за ДСТУ ISO 286-1-2002 "Допуски і посадки за системою ISO. Ч. 1. Основи допусків, відхилень та посадок". Деталі, які повністю або частково входять одна в одну, створюють з'єднання.

Розрізняють дві поверхні – охоплювану (зовнішню) і охоплюючу (внутрішню). Незалежно від форми деталей охоплюючу поверхню умовно називають **отвором**, а охоплювану – **валом**.

Наприклад, у з'єднанні шпонки з валом шпонка є валом, а паз вала – отвором.



Розмір – числове значення лінійної величини (діаметр, довжина тощо) у вибраних одиницях вимірювання.

У машинобудуванні розміри вказують у міліметрах. Умовне позначення розмірів, які належать до отвору, позначають великою латинською буквою “D”, а вала – малою латинською буквою “d”.

Розміри визначаються розрахунками на міцність, жорсткість чи вибираються із конструктивних міркувань з наступним округленням до наближеного, як правило, більшого розміру із рядів нормальних лінійних розмірів. У подальших розрахунках використовується цей основний розмір, який називається номінальним розміром (D_n, d_n).

Номінальний розмір – розмір, від якого отримують розміри під час застосування верхніх і нижніх відхилів. Він однаковий для отвору і вала, які створюють з'єднання.

Дійсний розмір (D_e, d_e) – розмір елемента виготовленої деталі, отриманий вимірюванням з допустимою похибкою.

Дійсні розміри деталей в партії, виготовленій на одному і тому ж верстаті з одним встановленням інструменту, будуть завжди відрізнятися один від одного, тому що на їх значення впливає дуже багато факторів, які не підлягають обліку і регулюванню.

Уникнути розсіюванню дійсних розмірів при обробленні деталей неможливо, тому зону розсіювання обмежують встановленням найбільшого і найменшого граничних розмірів ($D_{max}, D_{min}, d_{max}, d_{min}$).

Граничними називаються два критичні допустимі розміри елемента, між якими повинен перебувати дійсний розмір разом із граничними розмірами.

Умови придатності дійсного розміру отвору і вала:

$$D_{min} \leq D_e \leq D_{max}$$

$$d_{min} \leq d_e \leq d_{max}$$

Найбільший граничний розмір – найбільший допустимий розмір елемента.

Найменший граничний розмір – найменший допустимий розмір елемента.

На кресленнях граничні розміри визначають значенням граничних відхилів від номінального розміру.

Граничні відхили алгебраїчна різниця між граничними і відповідним номінальним розмірами. Розрізняють верхній і нижній граничні відхили.

Верхній відхил (ES, es) – алгебраїчна різниця між найбільшим граничним і відповідним номінальним розмірами.

Нижній відхил (EI, ei) – алгебраїчна різниця між найменшим граничним і відповідним номінальним розмірами.

Основний відхил – один з двох граничних відхилів (верхній чи нижній), що визначає положення поля допуску відносно нульової лінії. У даній системі допусків і посадок основним є той відхил, який розташований ближче до нульової лінії.

Нульова лінія – лінія, яка відповідає номінальному розміру, від якої відкладаються відхилення розмірів при графічному зображенні полів допусків і посадок. Нульова лінія розташована горизонтально, тому додатні відхилення відкладаються вгору від неї, а від'ємні – вниз.

Допуск розміру (T) – це різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами чи алгебраїчна різниця між верхнім і нижнім відхиленнями.

Для отвору: $T_D = D_{max} - D_{min} = ES - EI$;

Для валу: $T_d = d_{max} - d_{min} = es - ei$.

Допуск – це інтервал, у межах якого повинен знаходитись дійсний розмір придатних деталей і може бути тільки додатнім. Допуск – це абсолютна величина без знака.

Посадка – відношення, що впливає із різниці між розмірами двох елементів (отвір і вал), які повинні бути складені. Посадка – характер з'єднання двох деталей, який визначається величиною зазорів чи натягів.

Зазор (S) – додатна різниця між розмірами отвору і вала, якщо отвір більший за розмір вала.

Натяг (N) – від'ємна різниця між розмірами отвору і вала, перед складенням, якщо розмір вала більший за розмір отвору.

Розсіювання дійсних розмірів отвору і вала у межах допусків неминуче призводить до розсіювання зазорів і натягів у з'єднаннях. Для аналізу характеру з'єднань важливо знати граничні значення зазорів і натягів.

Найменший зазор – додатна різниця між найменшим граничним розміром отвору і найбільшим граничним розміром вала в посадці із зазором

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es$$

Найбільший зазор – додатна різниця між найбільшим граничним розміром отвору і найменшим граничним розміром вала в посадці із зазором чи у перехідній посадці

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei$$

Найбільший натяг – у разі посадки з натягом або перехідній посадці від'ємна різниця перед складанням між найбільшим граничним розміром вала і найменшим граничним розміром отвору

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI$$

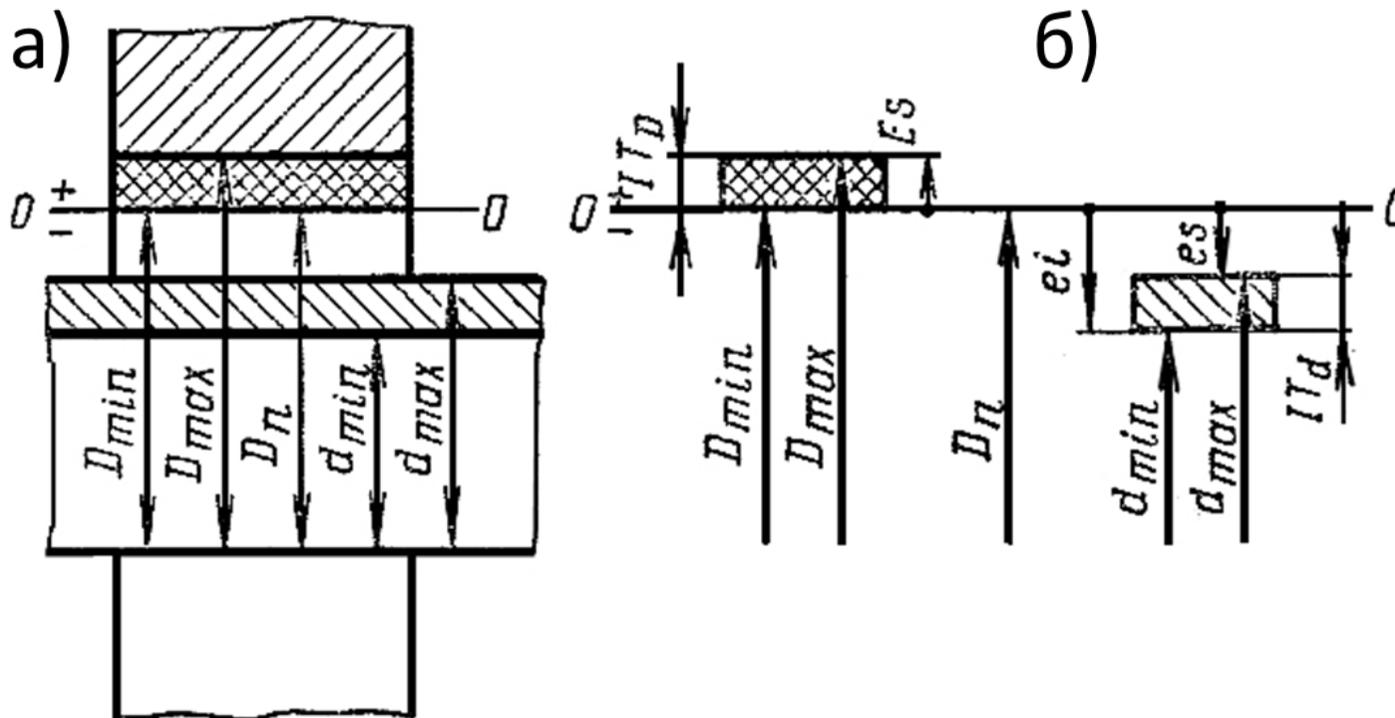
Найменший натяг – від'ємна різниця, перед складанням між найбільшим граничним розміром отвору і найменшим граничним розміром вала у разі посадки з натягом

$$N_{min} = d_{min} - D_{max} = ei - ES$$

Допуск посадки – різниця між найбільшим і найменшим зазорами і натягами.

$$T_{\Delta} = S_{max} - S_{min} = N_{max} - N_{min} = T_D + T_d$$

Графічне зображення деталей з'єднання дає можливість краще засвоїти співвідношення граничних розмірів вала і отвору, значно спрощує всі розрахунки визначення допусків, зазорів чи натягів. Заштрихована зона між найбільшим і найменшим граничними розмірами називається **полем допуску**, висота його дорівнює допуску (рис. а). На практиці використовують простішу схему полів допусків, де за початок підрахунку граничних відхилень прийнята **нульова лінія**, яка відповідає положенню номінального розміру, від якої відкладаються відхилення: зі знаком плюс – уверх, зі знаком мінус – униз. За такою схемою легко визначають граничні розміри вала і отвору, допуски, зазори чи натяги (рис. б).

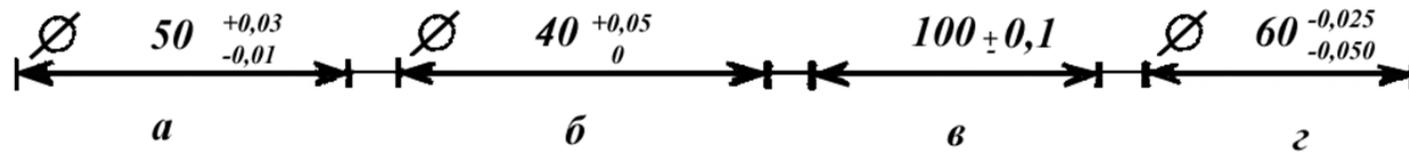


6. Нанесення граничних відхилень на кресленнях

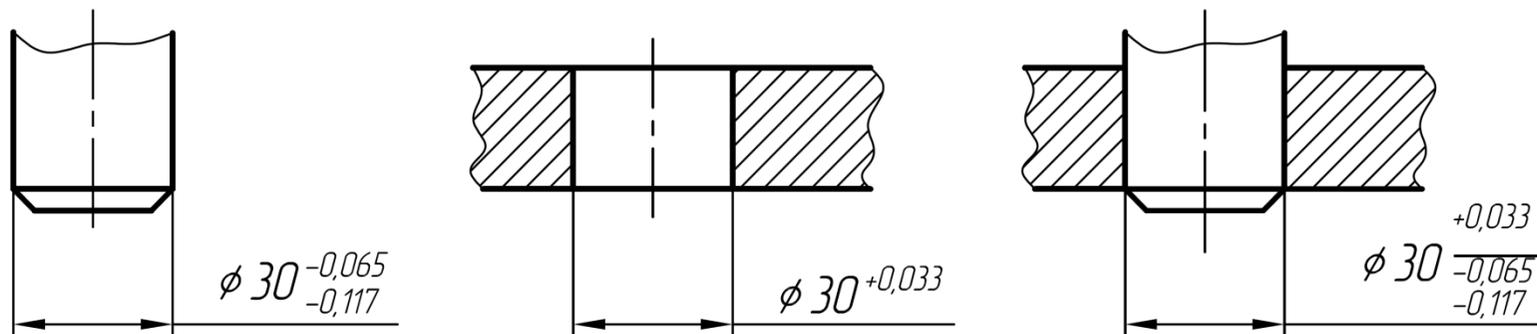
Лінійні розміри і граничні відхилення на кресленнях в машинобудуванні вказують в міліметрах без їх скороченого позначення, тобто "мм" не пишуться.

Граничні відхилення вказують безпосередньо після номінального розміру зі своїм знаком, причому верхній відхил розташовують над нижнім (рис. а).

При симетричному розташуванні поля допуску відносно нульової лінії абсолютне значення відхилів вказується один раз із знаками ±; при цьому висота шрифту відхилів повинна дорівнювати висоті шрифту номінального розміру (рис. в).



Граничні відхилення розмірів деталей, зображених на складальних кресленнях, записують у вигляді дроби, в чисельнику якого вказують числові значення граничних відхилів отвору, в знаменнику – числові значення граничних відхилів вала (рис. а).



Література

1. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник / За ред. Сірого І.С. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2004. – 796 с.
3. ДСТУ 1.1:2015 Національна стандартизація. Стандартизація та суміжні види діяльності. Словник термінів (ISO/IEC Guide 2:2004, MOD).
4. ДСТУ ГОСТ 2.307:2013. Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів. – Чинний від: 01.09.2014.
5. ДСТУ ISO 286-1-2002 “Допуски і посадки за системою ISO. Ч. 1. Основи допусків, відхилень та посадок.