

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Одеська політехніка»

**В.П. Гугнін, Г.О. Оборський, Г.М. Голобородько, Л.М. Перпері,
П.А. Швагірев**

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ І ТЕХНІЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ**

Навчальний посібник

для бакалаврів спеціальностей: 131 – «Прикладна механіка»,
133 – «Машинобудування»,
163 – «Біомедична інженерія»

Одеса – 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**В.П. Гугнін, Г.О. Оборський, Г.М. Голобородько, Л.М. Перпері,
П.А. Швагірев**

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ І ТЕХНІЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ**

Навчальний посібник
для бакалаврів спеціальностей: 131 – «Прикладна механіка»,
133 – «Машинобудування»,
163 – «Біомедична інженерія»

Затверджено
на засіданні Вченої ради Інституту
цифрових технологій, дизайну та
транспорту
Протокол № 2 від 28.10.2022 р

Одеса – 2022

Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Конспект лекцій для бакалаврів спеціальностей: 131 – «Прикладна механіка», 133 – «Машинобудування», 163 – «Біомедична інженерія» / Склали: В.П. Гугнін, Г.О. Оборський, Г.М. Голобородько, Л.М. Перпері, П.А. Швагірев. – Одеса: ОНПУ, 2022. – 141 с.

Викладено основи стандартизації в областях взаємозамінності і технічних вимірювань, розглянуті одиниці фізичних величин, державна система стандартизації, принципи побудови стандартів, стандартизація в області якості продукції, основні поняття взаємозамінності, системи допусків і посадок на гладкі циліндричні з'єднання, нормування похибок форми і розташування поверхонь, параметри шорсткості поверхні, нарізні з'єднання, шліцьові та шпонкові з'єднання, зубчасті передачі, розрахунок розмірних ланцюгів. Наведені приклади проставлення позначень допусків основних видів з'єднань на кресленнях. Наведені приклади виконання основних розрахунків.

Зміст навчального посібника розбито, крім розділів і підрозділів, на лекції. Обсяг кожної лекції обраний виходячи з умови забезпечення максимального полегшення засвоєння матеріалу. Кожна лекція закінчується набором питань для самоперевірки. Навчальний посібник містить короткий виклад дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання» і призначений для студентів бакалаврів спеціальності – 131-«Прикладна механіка» очної та заочної форм навчання, а так само може бути використаний студентами спеціальності – 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» які вивчають дисципліну «Основи взаємозамінності». У посібник не включені питання методів вимірювання та опису приладів які їх реалізують, вони розглянуті в курсі лабораторних робіт. Навчальний посібник корисно використовувати для засвоєння відповідних теоретичних питань, винесених в розділи курсової роботи. У навчальному посібнику не внесені питання використання комп'ютерів, які розглядаються під час практичних занять з дисципліни.

Укладачі: В. П. Гугнін, канд. техн.наук, доцент;
Г.О. Оборський, доктор техн. наук, професор;
Г.М. Голобородько, канд. техн.наук, доцент;
Л.М. Перпері, канд. техн.наук, доцент;
П.А. Швагірев, канд. техн.наук, доцент.

Рецензент: В.Н. Тіхенко, доктор техн. наук, професор.

Лекція 1

Мета лекції - ознайомлення з історією розвитку та становлення стандартизації та взаємозамінності в нашій країні.

ВСТУП

В умовах науково-технічного прогресу стандартизація є однією з галузей, що синтезує наукові, технічні, господарські та економічні аспекти. Розвиток народного господарства, підвищення рівня виробництва, поліпшення якості продукції, зростання життєвого рівня тісно пов'язані з широким використанням принципів стандартизації. Про важливість системи стандартизації свідчить те, що Кабінетом Міністрів України затверджено такі Декрети: про державний нагляд за дотриманням стандартів, норм і правил та відповідальність за їх порушення (8 квітня 1993 р.), Про стандартизацію і сертифікацію (10 травня 1993 р.) Про забезпечення єдності вимірювань (26 квітня 1993 р.), а також Закон України про стандартизацію (17 травня 2001 р.). Стандартизація допусків, посадок і технічних вимірювань тісно пов'язана з взаємозамінністю і фактично є основою, за допомогою якої її принципи здійснюються на практиці. Саме стандартизація передбачає можливість взаємозамінності, уніфікації і агрегування машинобудівної продукції. Питання стандартизації, взаємозамінності і технічних вимірювань безпосередньо пов'язані з якістю машин, їх надійністю і довговічністю. Тому фахівцям, що працюють в машинобудівних галузях, ремонтних підприємствах, які експлуатують сучасну складну і енергоємну техніку, потрібно добре знати систему допусків і посадок, вміти кваліфіковано її застосовувати і проводити контроль розмірів деталей сучасними вимірювальними засобами. Для збільшення міжремонтних термінів експлуатації машин необхідно щоб принципи взаємозамінності на ремонтних підприємствах були на рівні основного (машинобудівного) виробництва. При виготовленні і ремонті машин потрібно вміти правильно призначати допуски на розміри деталей з урахуванням наявних вимірювальних засобів, оскільки не має бути допусків і посадок, перевірка яких метрологічне не забезпечена. Тому на підприємствах потрібно постійно підвищувати їх технічний рівень, удосконалювати метрологічне забезпечення з метою досягнення точності вимірювань, оскільки точність розмірів в значній мірі є гарантією якості виробів. Розвиток і вдосконалення техніки, впровадження нових технологічних процесів у виробництво, підвищення якості продукції та продуктивності праці тісно пов'язане з впровадженням нових засобів і методів вимірювань. Потрібно більше уваги приділяти технічному контролю, який повинен бути невід'ємною складовою частиною технологічного процесу виготовлення і ремонту машин, на ефективність якого впливає і кваліфікація контролерів.

Ще в стародавньому Єгипті при будівництві користувалися цеглою і будівельними плитами постійного, «стандартного» розміру; при цьому спеціальні чиновники займалися контролем їх розмірів. Чудові пам'ятники грецької архітектури - знамениті храми, їх колони, портики зібрані з порівняно невеликого числа «стандартних» деталей. Стародавні римляни застосовували принципи стандартизації при будівництві водопроводів - труби цих водопроводів були постійного розміру (рис. В.1).

У середні століття з розвитком ремесла методи стандартизації та взаємозамінності стали застосовуватися все частіше і частіше. Так, були встановлені єдині розміри ширини тканин, єдина кількість ниток в її основі, навіть єдині вимоги до сировини, що використовується в ткацькому виробництві.

Тільки завдяки застосуванню принципів взаємозамінності виникли друкарські засоби книгодрукування (встановлення певних форматів друкованих аркушів та розмірів

друкарських пристосувань). Літери також виготовлялися однієї висоти і були взаємозамінними.

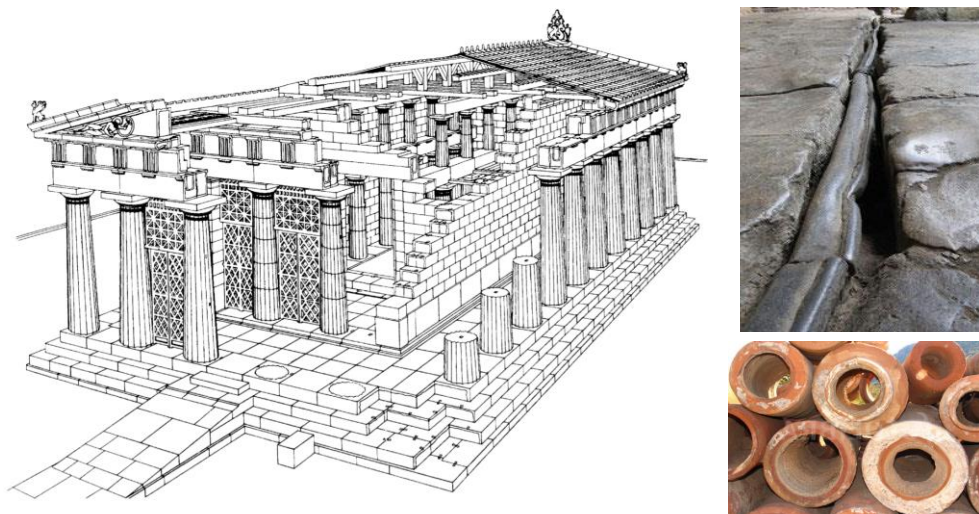


Рисунок В.1 – Приклади використання стандартних деталей у Стародавній Греції та Римі.

Відомо, що шведський винахідник Крістофер Полхем домігся взаємозамінності годинника у своїй майстерні в 1720 році, але це безумовно не поширилося за межі його майстерень.

Французька артилерія та артилерійські лафети вже були стандартизовані для п'яти класів знарядь: 4-х, 8-ми, 12-ти, 16-ти та 24-фунтових. Калібри, які гарантують, що гарматне ядро поміщається в стовбур, використовувалися з часів середньовіччя. Генерал-лейтенант Жан-Батіст Грибоваль (1715-1789) також наполягав на стандартах виробництва самих гармат. Він додав ще один калібр, щоб перевірити, чи не надто мале ядро. Гарматне ядро якщо й проходило через калібр, воно було принаймні не надто великим. Однак, якщо воно також проходило через заборонену смугу, воно було надто малим. Тільки ядра, які пройшли через прохідний калібр, але не через непрохідний калібр, перебували у допустимих межах допуску. Вони також додали додаткові вимоги для запобігання проходженню яйцеподібних куль через серію калібрів (рис.В.2).

Використовуючи аналогічну систему для гармат, Грибоваль зміг мати як ядра, так і гармати стандартного калібру, що призвело до створення, ймовірно, найдосконалішої артилерії того часу. Тим не менш, круглі отвори та круглі кулі мають дуже просту геометрію, і тому їх легко перевірити.

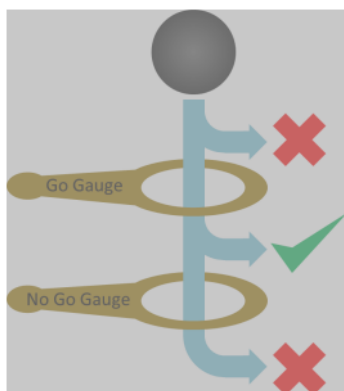


Рисунок В.2 – Приклад використання калібрів, запропонованих Грибовалем

Оноре Блан (1736–1801) був французьким зброярем, а з 1763 року він відповідав за контроль якості у французькій армії. Французька армія намагалася знизити вартість і підвищити якість, тиснувши на французьких зброярів. Зброярі, у свою чергу, вважали за краще не працювати на такого клопітливого замовника і швидше постачали зброю солдатам Американської революції за більший прибуток і менше пуху.

Оноре Блан розробив безліч інструментів і вимірювальних приладів, щоб забезпечити точність, повільно загартував деталі в кінському гної, щоб уникнути деформації, і врешті-решт досяг успіху. Більше ніж 230 років тому, 8 липня 1785 року в Шато-де-Венсен, він розібрав 50 замків, навмання взяв деталі для 25 замків і, на подив офіційних осіб і представників, зібрав їх знову.

Під належним враженням французький уряд наказав йому заснувати майстерню. Оскільки Ле Блан тепер був досить непопулярний серед своїх колег-зброярів, ця майстерня була розташована (для захисту) у підземеллях Шато де Венсен, де він також проводив свою демонстрацію. Це підземелля раніше було в'язницею, де були такі відомі в'язні, як Дідро, де Мірабо, Жан Анрі Латюд і сумно відомий маркіз де Сад.

Проте навіть міцні стіни Шато де Венсен не захистили його майстерню від Французької революції, і його майстерня була зруйнована. Що ще гірше, його приборчик Грібоваль помер у 1789 році. Сповнений рішучості продовжувати, Ле Блан заснував власну майстерню та виробляв велику кількість змінних замків для пістолетів лише за 10% додаткових витрат, перш ніж помер у 1801 році.

Однак після його смерті утворилася політична група між прихильниками та опонентами з документами та демонстраціями проти контрдокументів та контрдемонстрацій про взаємозамінність частин. Згодом противники перемогли, виробництво взаємозамінних деталей припинилося, а Франція втратила знання про взаємозамінні частини – і навіть забула, що вони коли-небудь знали, що вони у них є.

За збігом обставин новий посол США у Франції Томас Джефферсон (більш відомий нині як третій президент США) зміг стати свідком демонстрації Ле Блана в 1785 році. Джефферсон привіз ідею та зразки назад до США та просував взаємозамінність.

Зброяра, винахідника та прихильника взаємозамінності Джона Хенкока Холла (1781–1841) було відправлено до Harpers Ferry для створення незалежної від решти збройової майстерні. Отже, Холу довелося не тільки вирішити безліч технічних деталей взаємозамінності, але й боротися з суперінтендантом Harpers Ferry, який намагався перешкоджати і гальмувати цього аутсайдера, коли міг. У Хола були постійні проблеми з підбором людей, матеріалів, машин або навіть достатньо великої майстерні, щоб усе це встановити.

Холл зрозумів, що взаємозамінність полягає в точності. У той час як звичайні деталі замка пістолета мали точність $\pm 0,2$ мм, йому потрібно було $\pm 0,02$ мм для взаємозамінності. Він досяг цієї взаємозамінності за допомогою калібрів, використовуючи загалом 63 калібри для перевірки допусків компонентів замку, також винайшов нові методи вимірювання та створив нові та міцніші машини для зменшення вібрації, також вдосконалив нову технологію фрезерування. До 1824 року частини його замків були повністю взаємозамінними.

У другій половині XIX століття роботи по стандартизації проводилися майже на всіх промислових підприємствах. Завдяки стандартизації виготовлених виробів всередині підприємства стала можливою раціоналізація процесів виробництва; основна мета, яку при цьому переслідували підприємці, це отримання більш високих прибутків. Стандартизація розвивалася, перш за все, всередині окремих фірм, окремих підприємств. Однак надалі, в міру розвитку суспільного розподілу праці, все більшого значення починає набувати стандартизація національна і навіть міжнародна. У 1891 році в Англії, а потім і в інших країнах була введена стандартна різьба Вітворта (з дюймовими розмірами), згодом замінена в більшості країн метричними різьбами. У 1846 році в Німеччині були уніфіковані ширина залізничної колії і зчипні пристрої для вагонів; в 1869 році там же був вперше видано довідник, що містить розміри стандартних профілів катаного заліза. У 1870 році в ряді країн Європи були встановлені стандартні розміри цегли. Ці перші результати національної та міжнародної стандартизації мали величезне практичне значення для розвитку продуктивних сил. Однак це були лише перші кроки. В одній тільки Німеччині через наявність на її території великої кількості маленьких держав було «стільки типів мір і ваг, скільки днів в році».

Одиниці вимірювання встановлювалися випадково: наприклад, «лікоть» відповідав довжині скіпетра Генріха I; широко поширена в багатьох країнах одиниця довжини «фут»

відповідала довжині ступні Карла Великого. Пошуки більш обґрунтованих одиниць вимірювання почалися давно. Так, вже в 1790 році у Франції була створена одиниця довжини «метр», рівна десятиміліонній частині чверті довжини паризького меридіана. Однак пройшло 85 років, перш ніж перші 17 держав, які взяли участь у Міжнародній метричній конвенції в 1875 році в Парижі, погодилися прийняти в якості одиниці вимірювання довжини метр. Метрична конвенція і створення Міжнародного бюро мір і ваг з'явилися важливими віхами на шляху науково-технічного прогресу.

Під кінець XIX століття і на початку XX століття були досягнуті великі успіхи в розвитку техніки, промисловості та концентрації виробництва. У зв'язку з цим в найбільш розвинених країнах з'явилося прагнення до організованої національної стандартизації, в більшості випадків це завершилося створенням національних організацій по стандартизації. Так, в 1901 році в Англії був створений Комітет стандартів, головним завданням якого було сприяння посиленню економічної могутності Британської імперії шляхом розробки і впровадження стандартів на сировину, промислові вироби, військову техніку.

Посилена мілітаризація багатьох країн на початку XX століття вимагала виробництва великої кількості озброєнь при обов'язковому дотриманні принципу взаємозамінності; це завдання можна було вирішити тільки за допомогою стандартизації. Тільки на 1910 при виробництві кулемета «Максим» вдалося добитися повної взаємозамінності цього виду зброї. Тому не дивно, що під час першої світової війни і відразу після неї було засновано кілька національних організацій по стандартизації, наприклад в Голландії (1916 г.), в Німеччині (1917 р), у Франції, Швейцарії та США (1918р).

Після першої світової війни стандартизація стала все більше сприйматися як об'єктивна економічна необхідність. В цей час організації зі стандартизації були створені в Бельгії і Канаді (1919 р), Австрії (1920 р), Італії, Японії та Угорщини (1921 г.), Австралії, Швеції, Чехословаччини (1922), Норвегії (1923 м), Фінляндії та Польщі (1924 р), Данії (1926 р) і в Румунії (1928 р).

З розвитком монополістичного капіталізму стандартизація почала розвиватися також і в міжнародному масштабі. Постійне розширення міжнародного товарообміну і необхідність більш тісної співпраці в області науки і техніки привели до основи Міжнародної асоціації зі стандартизації (ІСА). У 1939 році робота ІСА була перервана другою світовою війною.

У 1943 році в рамках Організації Об'єднаних Націй був створений Координаційний комітет з питань стандартизації з бюро в Лондоні і Нью-Йорку.

У 1946 році в Лондоні була заснована **Міжнародна організація зі стандартизації** (ISO, International Organization for Standardization, ISO), до складу якої увійшли 25 країн. В даний час ІСО є однією з найбільших міжнародних технічних організацій (її члени - 164 країни).

Крім ІСО роботи зі стандартизації широко ведуться і в багатьох інших міжнародних і регіональних організаціях із стандартизації.

У 1992 р., після здобуття незалежності, в Україні створено Державний комітет технічного регулювання та споживчої політики (Держспоживстандарт України), який був національним органом державного управління, який забезпечував реалізацію державної політики в галузі стандартизації, єдності вимірювань, акредитації органів та випробувальних лабораторій, сертифікації та державного нагляду створював сприятливі умови для економічного розвитку країни, підвищення конкурентоспроможності українських виробів на світовому ринку, представляв інтереси держави в міжнародних організаціях. Україна з 1993 року є членом Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) та інших міжнародних організацій. З історичного огляду видно, що розвиток суспільства тісно пов'язано з технічним законодавством і різними нормативними

документами, що регламентують правила, процеси, методи виготовлення, контролю і випробування продукції, а також гарантують безпеку життя, здоров'я людей та навколишнього середовища.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 26.11.2014 визначено, що функції національного органу стандартизації виконує державне підприємство “Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості” (ДП “УкрНДНЦ”) як яке розташоване в місті Київ.

Питання для самоперевірки до першої лекції:

1. Яке значення стандартизації та взаємозамінності для країни?
 2. Коли з'явилися перші взаємозамінні вироби?
 3. Коли було створено Міжнародне бюро мір і ваг?
 4. Коли створений Держспоживстандарт України ?
 5. Яка організація виконує функції національного органу стандартизації України
- Література для додаткового навчання:* [1, с.7; 4, С.3-22].

Лекція 2

Мета лекції - ознайомлення із сутністю державної і міжнародної стандартизації і методичними основами стандартизації.

1 ОСНОВИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

1.1 Сутність і народногосподарське значення стандартизації

Сучасне багатосерійне і масове виробництво машин, їх експлуатація та ремонт, впровадження принципів взаємозамінності, уніфікації і агрегування неможливі без достатньо розвиненої стандартизації.

Стандартизація має велике народногосподарське значення, їй відводиться важлива роль у вирішенні завдань щодо поліпшення якості продукції та підвищення ефективності виробництва. З кожним роком стандартизація набуває все більш широке застосування, проникаючи в усі сфери діяльності людини. Вона є одним з високоефективних засобів зростання промислового і сільськогосподарського виробництва.

Метою стандартизації в Україні є створення безпеки для життя і здоров'я людей, тварин, рослин, а також майна, охорони навколишнього середовища, забезпечення умов для раціонального використання всіх видів національних ресурсів та відповідності об'єктів стандартизації своєму призначенню, сприяння усуненню технічних бар'єрів в торгівлі.

Одним з основних завдань стандартизації є створення комплексу (системи) нормативних документів (стандартів), тобто сукупності взаємопов'язаних стандартів, що відносяться до певної галузі стандартизації і встановлюють взаємоузгоджені вимоги до об'єктів стандартизації на підставі загальної мети.

Основні терміни та визначення в галузі стандартизації встановлені Комітетом ІСО. Міжнародна організація зі стандартизації прийняла таке визначення: «**Стандартизація** це встановлення і застосування правил з метою впорядкування діяльності у певній галузі на користь і за участю всіх зацікавлених сторін, зокрема для досягнення загальної економії при дотриманні умов експлуатації (використання) і вимог безпеки».

Основні терміни та їх визначення в галузі стандартизації встановлені Законом України «Про стандартизацію» від 17 травня 2001 № 2408-111, а також державним стандартом України ДСТУ 1.0-93. Згідно з цим законом:

«стандартизація - діяльність, що полягає у встановленні положень для загального і багаторазового застосування щодо наявних чи можливих завдань з метою досягнення оптимального ступеня впорядкування в певній сфері, результатом якої є підвищення ступеня відповідності продукції, процесів та послуг їх функціональному призначенню, усуненню бар'єрів у торгівлі і сприянню науково-технічному співробітництву».

Залежно від сфери розповсюдження розрізняють наступні види стандартизації:

«міжнародна стандартизація - стандартизація, що проводиться на міжнародному рівні та участь у якій відкрита для відповідних органів усіх країн;»

«регіональна стандартизація - стандартизація, що проводиться на відповідному регіональному рівні та участь у якій відкрита для відповідних органів країн певного географічного або економічного простору». Прикладом регіональної стандартизації є стандартизація в межах країн Європейського Союзу;

«національна стандартизація - стандартизація, що проводиться на рівні однієї країни».

1.1.1 Нормативні документи зі стандартизації

Нормативний документ - документ, який встановлює правила, загальні принципи чи характеристики різних видів діяльності або їх результатів.

Цей термін охоплює такі поняття як «стандарт», «кодекс ustalеної практики» та «технічні умови» [6].

Стандарт - документ, розроблений на основі консенсусу та затверджений уповноваженим органом, що встановлює призначені для загального і багаторазового використання правила, інструкції або характеристики, які стосуються діяльності чи її результатів, включаючи продукцію, процеси або послуги, дотримання яких є **необов'язковим**. Стандарт може містити вимоги до термінології, позначок, пакування, маркування чи етикетування, які застосовуються до певної продукції, процесу чи послуги.

Стандарти повинні ґрунтуватися на узагальнених досягненнях науки, техніки і практичного досвіду і бути спрямовані на досягнення оптимальної користі для суспільства.

Кодекс ustalеної практики (звід правил) - документ, що містить практичні правила чи процедури проектування, виготовлення, монтажу, технічного обслуговування, експлуатації обладнання, конструкцій чи виробів. Кодекс ustalеної практики може бути стандартом, частиною стандарту або окремим документом.

Технічні умови (ТУ) - документ, що встановлює технічні вимоги, яким повинні відповідати продукція, процеси чи послуги. Технічні умови можуть бути стандартом, частиною стандарту або окремим документом.

Технічний регламент - нормативно-правовий акт, в якому визначено характеристики продукції або пов'язані з ними процеси та методи виробництва, включаючи відповідні адміністративні положення, додержання яких є обов'язковим. Він може також включати або виключно стосуватися вимог до термінології, позначень, пакування, маркування чи етикетування в тій мірі, в якій вони застосовуються до продукції, процесу або методу виробництва.

Залежно від сфери застосування стандарти поділяються на:

міжнародний та регіональний стандарти - стандарти, прийняті відповідно міжнародним та регіональним органом стандартизації;

національні стандарти - державні стандарти України, прийняті центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері стандартизації, та доступні для широкого кола користувачів.

1.1.2 Об'єкти стандартизації

Область застосування і сфера дії стандартів значною мірою залежить від об'єкта стандартизації.

Об'єктами стандартизації є:

- 1) матеріали, складники, обладнання, системи, їх сумісність;
- 2) правила, процедури, функції, методи, діяльність чи її результати, включаючи продукцію, персонал, системи управління;
- 3) вимоги до термінології, позначення, фасування, пакування, маркування, етикетування тощо.

1.2. Державна система стандартизації. Міжнародна стандартизація

Відповідно до Декрету Кабінету Міністрів України «Про стандартизацію і сертифікацію» від 10 травня 1993 на Україні створена державна система стандартизації.

Державна система стандартизації - система, яка визначає основну мету і принципи управління, форми та загальні організаційно-технічні правила виконання всіх видів робіт із стандартизації.

Правові та організаційні основи стандартизації в Україні визначені цим Декретом «Про стандартизацію і сертифікацію» та Законом України «Про стандартизацію».

1.2.1 Види стандартів

У відповідності зі специфікою об'єкта стандартизації, складу та змісту вимог, встановлених до нього, для різних категорій нормативних документів зі стандартизації розробляють стандарти таких видів:

- основоположні;
- на продукцію та послуги;
- на процеси;
- на сумісність;
- на методи контролю (випробування, вимірювання, визначення, аналізу);
- (загальних) технічних умов.

Основоположні стандарти встановлюють організаційно-методичні та загальнотехнічні положення для певної галузі стандартизації, а також організаційно-методичні основні положення; порядок; правила; процедури; настанови; загальнотехнічні: умовні позначення, вимоги до розроблення, викладання, оформлення та змісту національних НД; загальнотехнічні величини; вимоги; норми; терміни та визначення понять.

Стандарти на продукцію та послуги поширюються на; загальні технічні умови; технічні умови; класифікацію; основні параметри та/чи розміри; характеристики; вимоги щодо безпеки; вимоги до збереження навколишнього природного середовища; сортамент; марки; конструкції; правила приймання, маркування, пакування, транспортування, зберігання, ремонту, утилізації.

Стандарти на процеси встановлюють основні вимоги до послідовності та методів (засобів, режимів, норм) виконання різних робіт (операцій) в процесах, що використовуються в різновидах діяльності і забезпечують відповідність процесу його призначенню.

Стандарти на методи контролю (випробувань, вимірювань, аналізу) встановлюють послідовність робіт (операцій), способи (правила, режими, норми) і технічні засоби виконання для різновидів і об'єктів контролю продукції, процесів, послуг.

1.2.2 Міжнародна стандартизація

Розширення міжнародної торгівлі, зміцнення науково-технічного співробітництва, налагодження економічних і культурних зв'язків поставило на порядок денний розробку єдиних норм, правил, вимог, тобто розвиток міжнародної стандартизації.

Національні стандарти різних країн відрізняючись один від одного, ускладнювали торгівлю, обмін науково-технічною документацією, заважають розвитку товарообміну.

Для досягнення взаєморозуміння між національними організаціями зі стандартизації і з метою полегшення міжнародного товарообміну були створені міжнародні організації.

У 1926 році в Празі (Чехія) була створена Міжнародна федерація національних організацій зі стандартизації, яка в 1946 році була перетворена в **Міжнародну організацію зі стандартизації ІСО (International Organization for Standardization, ISO)**.



Рисунок 1.1 – Будівля Центрального секретаріату ІСО в Женеві.

- співпраця з іншими міжнародними організаціями.

Вищим органом ІСО є Генеральна асамблея - загальні збори представників всіх національних організацій зі стандартизації країн-членів ІСО, яка збирається, як правило, не рідше одного разу на три роки.

Основна функція ІСО - розробка міжнародних стандартів, виконується спеціально створеними технічними комітетами і підкомітетами, кожен з яких спеціалізується за своїм профілем. Всього створено 172 технічні комітети і 653 підкомітету.

На сьогоднішній день до складу ІСО входить 164 країни, в тому числі і Україна.

Участь в роботі ІСО має важливе значення для підвищення якості та науково-технічного рівня національних стандартів шляхом прийняття національних стандартів пропозицій і стандартів ІСО, дає можливість популяризувати за кордоном свої державні стандарти. Усього розроблено близько 8 тисяч стандартів ІСО за всіма видами продукції, за винятком електротехнічної, радіотехнічної і електронної, що входять до компетенції Міжнародної електротехнічної комісії МЕК.

ІСО - міжнародна неурядова організація, яка користується консультативним статусом Організації Об'єднаних Націй (ООН). Офіційними мовами ІСО є англійська, французька і російська.

ІСО сприяє розвитку стандартизації в кожній з країн-членів цієї організації з метою полегшення міжнародного обміну товарами і послугами, розвитку спільної роботи в області науки, техніки, економіки, культури.

ІСО вирішує наступні завдання:

- розробка і публікація рекомендацій з координації стандартів всіх країн-членів ІСО;
- розробка і публікація міжнародних стандартів;
- взаємний обмін інформацією між країнами-членами ІСО;

Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК) (International Electrotechnical Commission, IEC) - міжнародна некомерційна організація по стандартизації в області електричних, електронних і суміжних технологій. Деякі з стандартів МЕК розробляються спільно з Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO).

МЕК була заснована в 1906 році і складається з представників національних організацій зі стандартизації. До складу МЕК, в даний час, входять понад 76 країн. Спочатку комісія розташовувалася в Лондоні, з 1948 року штаб-квартира знаходиться в Женеві.


МЕК сприяла розвитку та поширенню стандартів для багатьох одиниць вимірювання, особливо Гауса, герца, і вебера. Практично на основі стандартів МЕК була розроблена система одиниць СІ.

Слід зазначити, що рекомендації МЕК, як і рекомендації ІСО, не є обов'язковими, проте, відображаючи інтереси більшості країн, вони приймаються в якості основних при розробці національних стандартів, забезпечуючи тим самим велику конкурентоспроможність національних товарів на світовому ринку.


Where we are

Our Offices **IEC National Committees** IEC Affiliate Countries

IEC locations around the world Reset zoom




IEC Central Office & IECEE/IECRE Secretariat




IEC Central Office
3, rue de Varembe, P.O. Box 131
1211 Geneva 20
Switzerland
Tel : + 41 22 919 02 11
✉ IEC Central Office
[More about the IEC Central Office](#)
[Visit the IECEE & IECRE websites](#)

IECEX/IECQ Secretariat




IECEX/IECQ Secretariat
The Executive Centre
Australia Square, Level 33
264 George Street
Sydney NSW 2000
Australia
Tel : +61 246 28 4690
Chris Agius ✉ IECEX ✉ IECQ
[Visit the IECEX & IECQ websites](#)

IEC Africa




IEC-AFRC
IEC Africa Regional Centre
7th Floor, Block One, Eden Square
Chiromo Road, Westlands
P.O. Box 856
00606 Nairobi, Kenya
Tel : + 254 20 3673000
✉ François Ahoti | ✉ Evah Oduor
[More about the IEC-AFRC Office](#)

IEC Asia-Pacific




IEC-APRC
IEC Asia-Pacific Regional Centre
2 Bukit Merah Central #15-02
(former SPRING Singapore building)
Singapore 159835
Singapore
Tel : + 65 6377 5173
✉ Dennis Chew
[More about the IEC-APRC Office](#)

IEC Latin America



IEC-LARC
IEC Latin America Regional Centre
Av. Paulista, 2300 – Pilotis Floor
Cerqueira. César
São Paulo - SP - CEP 01310-300
Brazil
Tel : + 55 11 2847 4672
✉ Amaury Santos
[More about the IEC-LARC Office](#)

IEC North America



IEC-ReCNA
IEC Regional Centre for North America
446 Main Street
16th Floor
Worcester, MA 01608
U.S.A.
Tel : + 1 508 755 5663
✉ Tim Rotli
[More about the IEC-ReCNA Office](#)

Рисунок 1.2 – Розташування офісів МЕК по всьому світу.

В умовах інтеграції в світову економіку, з метою співпраці в галузі стандартизації, метрології та сертифікації, Україна на урядовому рівні і на рівні національних органів зі стандартизації постійно укладає міжнародні угоди.

1.3 Методичні основи стандартизації

1.3.1 Систематизація, класифікація і кодування

Систематизація предметів, явищ, понять має на меті за допомогою розміщення їх

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period 1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57-71 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89-103 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

в певному порядку і послідовності створити чітку систему зручну для користування.

Найпростішою формою систематизації є алфавітна система розміщення об'єктів. Така система використовується, наприклад, в енциклопедичних, політехнічних та інших довідниках.

Класичним прикладом систематизації є періодична система хімічних елементів Менделєєва (рис. 1.3). Система Менделєєва, як ніяка інша, показує, наскільки велике значення таких праць наукового мислення людини, які є інструментом пізнання таємниць Всесвіту.

Рисунок 1.3 – Періодична система хімічних елементів Менделєєва.

Застосовують також нумерацію об'єктів, які систематизуються або розміщуються в хронологічній послідовності. Наприклад, державні стандарти України реєструються відповідно порядку номерів, а після номера в стандарті вказується рік його затвердження. Наприклад, ДСТУ 2681-94 «Метрологія. Терміни та визначення».

Важливе значення набула різновид систематизації – **класифікація**. Вона сприяє поліпшенню якості та підвищенню рівня взаємозамінності. Мета класифікації - розподілити предмети, явища, поняття за класами, підкласами, розрядами залежно від їх загальних ознак.

Державна система класифікації та кодування складається з комплексу взаємопов'язаних класифікаторів промислової та сільськогосподарської продукції, конструкторської документації та технологічного класифікатора.

Класифікатор - різновид систематизації, розташування предметів відповідно до класів, підкласів, розрядів.

У кожному класифікаторі є дві частини - назва об'єкта і код який відповідає назві. Назва потрібно для обміну інформацією між людьми і перекладу природної мови на мову числових кодів.

Найчастіше класифікацію виконують по десятковій системі. Весь вид продукції підрозділяють на 100 класів по галузях виробництва (по типу виробничого процесу), конкретизують за властивостями і призначенням. Кожен клас поділяють на 10 підкласів, а кожен підклас - на 10 груп, а групу - на 10 підгруп.

Клас об'єднує вищі кваліфікаційні угруповання і конкретні види продукції, які характеризуються комплексом однорідних ознак незалежно від галузі народного господарства.

Наприклад, Національний класифікатор «Єдиний закупівельний словник» (ЄЗС) призначений для стандартизації опису в договорах (контрактах) предмета державних закупівель, забезпечення більшої прозорості процедур закупівель товарів, робіт і послуг за бюджетні кошти, створення ефективного конкурентного середовища у сфері державних закупівель, а також підтримування участі вітчизняних суб'єктів господарювання у торгах за межами України.

ЄЗС базується на системі кодів, що мають ієрархічну структуру і складаються з дев'яти цифр; групи цифр, у свою чергу, відповідають найменуванню, що описує товари, роботи і послуги, які становлять предмет контракту.

Код складається з 8 цифр, що згруповані таким чином:

перші дві цифри визначають розділ (XX000000-Y);

перші три цифри визначають групу (XXX00000-Y);

перші чотири цифри визначають клас (XXXX0000-Y);

перші п'ять цифр визначають категорію (XXXXX000-Y).

Останні три цифри коду дають більший ступінь деталізації в межах кожної категорії.

Дев'ята цифра — контрольна (таб. 1.1).

Таблиця 1.1 – Основний словник

Код ЄЗС	Опис	
03000000-1	Сільськогосподарська, фермерська продукція, продукція рибальства, лісівництва та супутня продукція	Agricultural, farming, fishing, forestry and related products
03100000-2	Сільськогосподарська продукція та продукція рослинництва	Agricultural and horticultural products
03110000-5	Сільськогосподарські культури, продукція товарного садівництва та рослинництва	Crops, products of market gardening and horticulture
03111000-2	Насіння	Seeds
03111100-3	Зерно сої	Soya beans
03111200-4	Арахіс	Peanuts
03111300-5	Насіння соняшника	Sunflower seeds
03111400-6	Насіння бавовнику	Cotton seeds
03111500-7	Насіння кунжуту	Sesame seeds
03111600-8	Насіння гірчиці	Mustard seeds
03111700-9	Насіння овочів	Vegetable seeds

Універсальна десяткова система класифікації (УДК) прийнята в якості міжнародної системи рубрикації індексів технічної та гуманітарної літератури. Наприклад, УДК 62 – техніка.

Систематизація, класифікація і кодування є попередніми, але абсолютно необхідними елементами при виконанні робіт із стандартизації.

1.3.2 Стандартизація типів і розмірів продукції

При стандартизації продукції, на першій її стадії, необхідно виділити головні параметри. Особливістю головних параметрів є їх тривала стабільність у часі. Розглянемо

приклад вибору головних параметрів які використовують в машинобудівній промисловості. Спочатку головні параметри поділяються на групи (наприклад):

- розмірна група містить розміри виробів, розміри базових деталей, розміри заготовок, тощо;
- група особливих умов експлуатації містить діапазон і кількість швидкостей обертання вихідного валу механізму;
- силова група містить параметри, що визначають зусилля робочих органів машини, допустиме навантаження на вал, максимальне осьове навантаження і тощо;
- енергетична група містить потужність, витрата енергії, палива тощо;
- вагова група містить вагу всього виробу, вага базових деталей, відносна вага;
- група продуктивності містить швидкість переміщення робочих органів машини, кількість виробів в одиницю часу;
- група безпеки містить рівень вібрацій, шуму, загазованості, освітленості тощо.

На основі головних параметрів розробляється система стандартів, що складається зі **стандартів чотирьох порядків**.

Стандарти першого порядку містять ряди головних параметрів, що характеризують комплекси машин і устаткування однакового функціонального призначення (рис. 1.4).

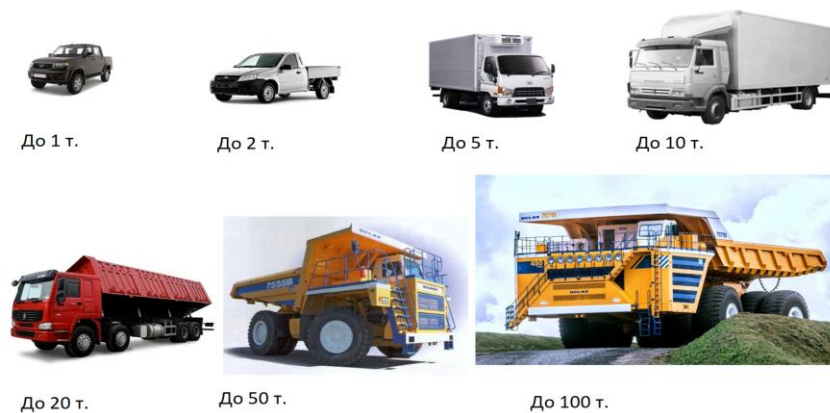


Рисунок 1.4 – Приклад об'єктів стандартів першого порядку.

Стандарти другого порядку містять конструктивне уніфіковані ряди типів машин і устаткування однакового призначення, які збираються з уніфікованих вузлів (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Приклад об'єктів стандартів другого порядку.

Стандарти третього порядку містять ряди типів і параметрів загальних агрегатів машин (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Приклад об'єктів стандартів третього порядку.

Стандарти четвертого порядку містять ряди типів і розмірів загальних деталей машин, а також технічні вимоги на їх виготовлення (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Приклад об'єктів стандартів четвертого порядку.

Стандарти всіх чотирьох порядків розробляються на основі застосування рядів переважних чисел.

Для підвищення рівня взаємозамінності і зменшення номенклатури виробів, створенням умов для ефективної спеціалізації і кооперації, здешевлення продукції, при уніфікації та розробці стандартів застосовують переважні числа. Переважними їх називають тому, що вони використовуються для переважного застосування в конструюванні і розрахунках, в стандартизації та уніфікації.

Система переважних чисел відповідає рекомендаціям ISO 17-1973 «Guide to the use of preferred numbers and of series of preferred numbers».

Система переважних чисел. Переважні числа вперше використовувались у Франції наприкінці XIX століття. У 1877–1879 роках капітан Чарльз Ренард, офіцер інженерного корпусу, здійснив раціональне вивчення елементів, необхідних для побудови літаків, легших за повітря. Він розрахував технічні вимоги до бавовняної мотузки за системою класифікації, щоб цей елемент можна було виготовити заздалегідь без пошкодження установок, де згодом така мотузка мала бути використана. Визнаючи перевагу, яку можна отримати від геометричної прогресії, він прийняв за основу мотузку масою в грамах на метр, а як систему класифікації - правило, яке давало б десяте кратне значення, а після кожного п'ятого крок серії, тобто:

$$a \cdot q^5 = 10 \cdot a \quad \text{або} \quad q = \sqrt[5]{10}$$

звідки можуть братись такі числові серії:

$$a \quad a \cdot \sqrt[5]{10} \quad a \cdot (\sqrt[5]{10})^2 \quad a \cdot (\sqrt[5]{10})^3 \quad a \cdot (\sqrt[5]{10})^4 \quad a \cdot 10.$$

значення яких, до 5 значущих цифр, складають:

$$a \cdot 1 \quad a \cdot 1,5849 \quad a \cdot 2,5119 \quad a \cdot 3,9811 \quad a \cdot 6,3096 \quad a \cdot 10.$$

Теорія Ренарда полягала в тому, щоб замінити для вищезазначених значень більш округлі, але більш практичні значення, і він прийняв як степінь 10, позитивну, нульову або негативну. Таким чином він отримав наступну серію:

$$10 \quad 16 \quad 25 \quad 40 \quad 63 \quad 100,$$

яка може бути продовжена в обох напрямках.

З цієї серії, позначеної символом R5, були сформовані серії R10, R20, R40, кожен прийнятий коефіцієнт є квадратним коренем попередньої:

$$\sqrt[5]{10} \quad \sqrt[10]{10} \quad \sqrt[20]{10} \quad \sqrt[40]{10}.$$

Таблиця 1.2.

R5	R10	R20	R40
1,6	1,25	1,25	1,25
			1,32
		1,40	1,40
			1,50
			1,60
	1,60	1,60	1,60
			1,70
		1,80	1,80
			1,90
			2,00
2,00	2,00	2,00	
		2,12	
	2,24	2,24	
		2,36	
		2,50	
2,5	2,50	2,50	2,50
			2,65
		2,80	2,80
			3,00
			3,15
	3,15	3,15	3,15
			3,35
		3,55	3,55
			3,75
			4,00
4,0	4,00	4,00	4,00
			4,25
		4,50	4,50
			4,75
			5,00
	5,00	5,00	5,00
			5,30
		5,60	5,60
			6,00
			6,30
6,30	6,30	6,30	6,30
			6,70
		7,10	7,10
			7,50
			8,00
	8,00	8,00	8,00
			8,50
		9,00	9,00
			9,50
			10,00
10,0	10,00	10,00	10,00

В Україні система переважних чисел оформлена стандартом ГОСТ 8032-84. «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел» і відповідає рекомендаціям ISO. Числа цього стандарту є десяткові ряди геометричної прогресії. Стандарт встановлює 5 рядів переважних чисел, чотири основних R5, R10, R20, R40 і один додатковий ряд R80. Знаменники прогресії кожного ряду мають таке значення:

$$R5: \varphi = \sqrt[5]{10} = 1,6$$

$$R10: \varphi = \sqrt[10]{10} = 1,25$$

$$R20: \varphi = \sqrt[20]{10} = 1,125$$

$$R40: \varphi = \sqrt[40]{10} = 1,06$$

$$R80: \varphi = \sqrt[80]{10} = 1,03$$

Переважним для застосування є попередній ряд до всіх наступних, що дозволяє скоротити номенклатуру виробів.

Розглянемо члени рядів що наведені в табл. 1.2. З прикладу видно, що при переході від попереднього ряду до наступного число членів ряду збільшується в 2 рази. Недоліком рядів є також необхідність округлення значень членів ряду при їх обчисленні.

З основних рядів можна створювати ряди з обмеженням границь, вказуючи їх у дужках. Наприклад: R5 (... 2,0 ...) – необмежений – ряд, але з обов'язковим включенням числа 2; R10 (1,25 ...) – ряд, обмежений знизу (зліва); R20 (... 140) – ряд, обмежений зверху (праворуч); R40 (10,6 ... 132) – ряд, обмежений з двох сторін.

З основних рядів можна ще створювати вибіркові ряди з іншим знаменником прогресії, вказуючи під рискою, з яких членів основного ряду складено вибіркового ряду. Наприклад: R10 /3 (1 ...) – вибіркового ряду, складений з кожного третього члена основного ряду R10 з 1 в якості нижньої границі. Членами вибіркового ряду

будуть наступні числа: (1,0; 2,0; 4,0; 8 ...), знаменник вибіркового ряду $\varphi = 2$ (рис.1.7).

Ряди переважних чисел мають наступні властивості.

Перше з них:

Усі числа попереднього ряду переважних чисел є членами наступного ряду.

Перевіримо цю властивість рядів. Для цього ми беремо перший член ряду R5 (рис. 1.8, а), а після цього знаходимо його серед членів ряду R10 (рис. 1.8, б). Потім беремо другий член ряду R5 і знаходимо його серед членів ряду R10. Тепер візьміть третій член ряду R5 і знайдіть його серед членів ряду R10. Таким чином ми можемо взяти всі члени ряду R5 і побачити, що всі вони є членами ряду R10. Подібним чином ми можемо перевірити, що члени серій R5 і R10 є членами серій R20 тощо (таб.1.2).

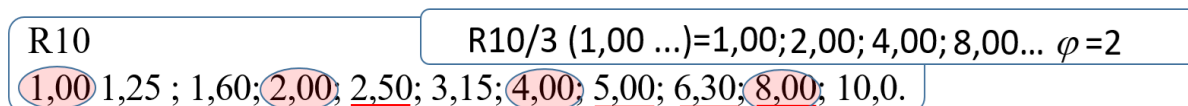


Рисунок 1.7. – Вибірковий ряд R10/3(1 ...).

Друга властивість рядів переважних чисел говорить, що:

Числа, більші за 10, отримуються шляхом множення чисел у діапазоні від 1 до 10 на 10, 100, 1000 тощо.

Якщо ви уважно розглянете ряд переважних чисел, ви зможете побачити, що перший член ряду дорівнює останньому члену ряду, помноженому на десять. Отже, ми беремо другого члена ряду, множимо його на десять і записуємо в кінці серії. Після цього беремо третього члена ряду, множимо на десять і записуємо в кінці ряду. Отже, ми будемо робити це, поки не дійдемо до останнього члена ряду, який дорівнює 10, і в результаті ми отримуємо ряди бажаних чисел в діапазоні від 1 до 100 (рис. 1.8, в). Якщо діапазон серії недостатньо широкий, тоді ми беремо другий член ряду і помножимо його на сто, і тому ми будемо продовжувати збільшувати ряд праворуч, поки не отримаємо номери вибраної ряду в бажаному діапазоні. Якщо цього недостатньо, ми беремо тисячу як множник тощо.

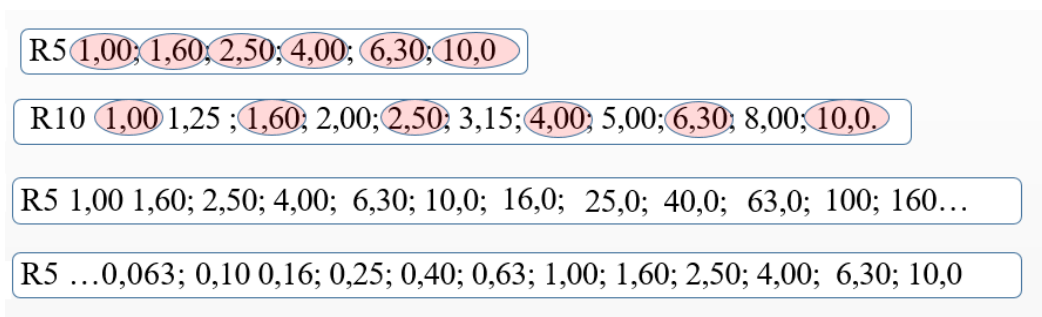


Рисунок 1.8 – Властивості рядів переважних чисел

Третя властивість рядів переважних чисел говорить, що:

Числа менше 1 отримують діленням числа діапазону від 1 до 10 на 10, 100, 1000 тощо;

Тобто, якщо діапазон потрібно розширити ліворуч, члени ряду переважних чисел в діапазоні від 1 до 10 діляться на 10, починаючи з передостаннього члена серії, і результат записується перед першим членом серії основного діапазону (рис. 1.8, г).

Четверта властивість рядів переважних чисел говорить, що:

Результатом множення або ділення будь-яких двох членів ряду буде член одного з переважних чисел ряду. На жаль, недоліком розрахунків з переважними числами є

необхідність округлення результату розрахунку до найближчого стандартного значення. Наприклад: $1,60 \cdot 6,3 = 10,08 \approx 10$; $6,30 : 1,60 = 3,9375 \approx 4$.

П'ята властивість рядів бажаних чисел говорить, що:

Будь-який член ряду, зведений в ступінь цілого додатного чи від'ємного числа, є членом того ж ряду. Наприклад: $1,63^3 = 4,096 \approx 4$; ${}^2\sqrt{6,3} = 2,50998 \approx 2,5$.

Властивості ряду переважних чисел мають важливий наслідок для практики. Якщо лінійні розміри виробів є членами ряду переважних чисел, тоді площі та обсяги цих виробів будуть членами одного ряду. На практиці це означає, наприклад, якщо ви виготовляєте меблі, і її розміри підбираються відповідно до ряду переважних чисел R5, то розміри складу і машини також обираються відповідно до ряду переважних чисел R5, тоді під час збереження меблі на складі або під час перевезки меблі у машині, порожніх місць не буде.

Ряди переважних чисел дуже широко використовуються не тільки в стандартизації, але і в промисловості. Наприклад, їх використовують при проектуванні автомобілів, машин, тракторів та іншого обладнання. Під час проектування інженерних виробів ряди переважних чисел використовуються в наступному порядку.

1. Встановлюють перелік головних параметрів стандартизованого виробу (розміри, вага, потужність тощо).

2. Визначають мінімальні і максимальні значення головних параметрів на основі спеціальних техніко-економічних розрахунків.

3. Визначають кількість виробів в ряду (типорозмірів виробів) z .

4. Визначають розрахункове значення знаменника прогресії за формулою:

$$\varphi = z^{-1} \sqrt{\frac{A_{\max}}{A_{\min}}},$$

де: A_{\max} и A_{\min} - граничні значення головного параметра стандартизованого виробу. Для кожного параметра визначається своє значення знаменника.

5. Вибирають найближчий стандартний ряд переважних чисел або складається вибіркового ряду відповідно до розрахункового значення знаменника.

6. Вибирають конкретні числові значення стандартизованого параметра зі стандарту за прийнятним рядом переважних чисел.

Питання для самоперевірки до другої лекції:

1. *Що є метою стандартизації в Україні?*

2. *Якими документами визначають основні терміни та їх визначення в галузі стандартизації?*

3. *Які види стандартизації розрізняють в залежності від сфери розповсюдження стандартів?*

4. *Які бувають нормативні документи зі стандартизації?*

5. *Які бувають об'єкти стандартизації?*

6. *Які бувають види стандартів?*

7. *Які основні міжнародні організації зі стандартизації вам відомі?*

8. *У чому полягає суть систематизації?*

9. *У чому полягає суть класифікація та кодування?*

10. *Як здійснюється стандартизація типів і розмірів продукції?*

Література для додаткового навчання:

Питання для самоперевірки до другої лекції: [1, с.8-20; 4, с.58-66].

Лекція 3

Мета лекції - ознайомлення з сутністю державної і міжнародної

1.3.3 Методи стандартизації

Одним з найпростіших методів стандартизації є симпліфікація.

Симпліфікація (просте обмеження) - форма стандартизації, полягає в раціональному зменшенні кількості типів і інших різновидів виробів до числа, достатнього для того, щоб задовольнити існуючі в даний час потреби.

Робота з симпліфікації завершується випуском обмежувального стандарту.

При симпліфікації вироби або їх складові частини, які не є необхідними, виключають зі сфери виробництва, а необхідні залишають без зміни.

Проаналізуємо найпростіший приклад симпліфікації. Нехай на заводі використовуються болти десяти розмірів, які мають діаметр від 2 до 18 міліметрів (рис. 1.9). Аналіз показав, що не всі ці гвинти використовувались однаково часто. Болти діаметром 2, 5, 8, 12, 14, 18 мм практично не використовуються при

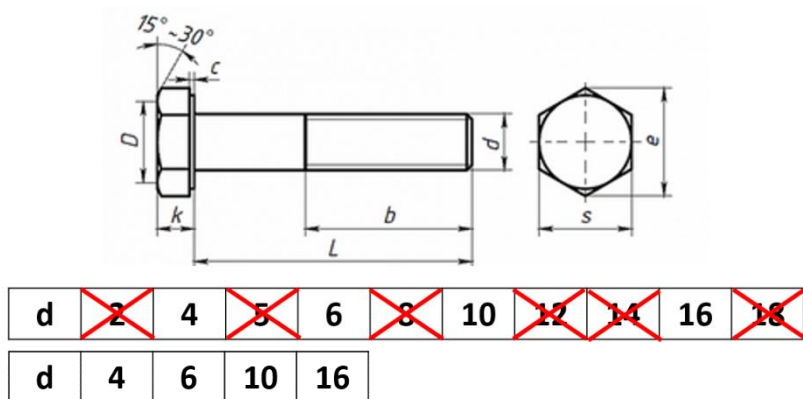


Рисунок 1.9 – Приклад симпліфікації

складанні виробів, тому було вирішено відмовитися від їх використання та використовувати лише болти діаметром 4, 6, 10 і 16 мм.

Типізація - вкладається у розробку та встановлення типових конструкцій або технологічних процесів, що мають спільні конструктивні або технологічні признаки.

Типізація конструкцій виробів дозволяє відібрати зразки з найкращими характеристиками, які називаються базовими конструкціями. Наприклад, базовою конструкцією може бути автомобіль, на платформі якого можуть бути зібрані транспортні засоби різного призначення (пожежна машина, швидка допомога, поливальна машина, самоскид і так далі) (рис. 1.5). Кодовий номер виробу показує що машини розроблені для різних цілей, але зібрані на одній і тій же базовій платформі.

Типізація технологічних процесів - розробка і встановлення типових (базових) технологічних процесів для виготовлення однотипних деталей, їх відновлення або ремонту. Це дає можливість скоротити кількість різних технологічних операцій, застосувати механізацію та автоматизацію виробничих процесів, збільшити продуктивність праці і знизити собівартість продукції.

Типізація є однією з різновидів стандартизації, вона дозволяє запобігти розробці та застосуванню в народному господарстві великої кількості різних машин, які подібні за призначенням і мало відрізняються конструктивно.

Типізація технологічних процесів допомагає скоротити різноманітність технологічних операцій і забезпечити їх якість.

Уніфікація - метод стандартизації спрямований на вибір оптимальної кількості різновидів продукції, процесів, послуг, значень їх параметрів і розмірів.

Уніфікація сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню витрат на виготовлення, експлуатацію та ремонт машин, створює умови для розвитку спеціалізації виробництва, комплексної механізації та автоматизації. Наприклад, трудомісткість

виготовлення виробів на спеціалізованому підприємстві може бути в десятки разів нижче, ніж на неспеціалізованому.

В основу уніфікації деталей, складальних одиниць, агрегатів, машин належить їх конструктивна схожість, яка визначається спільністю робочого процесу. Деталі, з яких складають машину, діляться на уніфіковані й оригінальні. Уніфікованою вважається деталь яка застосовується з одним позначенням в декількох різних машинах, а оригінальною – деталь яка використовується в одній конкретній машині.

З визначення уніфікації випливає, що вона вирішує ту саму проблему, що і симпліфікація. Ця проблема полягає у зменшенні кількості продуктів, які використовуються однаковою чином, до оптимального рівня. Це правда, але ці два типи стандартизації працюють по-різному. Під час симпліфікації ряду продуктів їх вибирають із тих, що вже існують, не змінюючи конструкції. Під час уніфікації ряду виробів конструктори розробляють нові вироби, які можуть виконувати всі функції всіх існуючих виробів і зменшувати їх кількість рис. 1.10.



Рисунок 1.10 – Порівняння симпліфікації і уніфікації.

Кількісно уніфікація характеризується коефіцієнтом уніфікації:

$$K_y = \frac{(\sum n_y \cdot 100\%)}{(\sum n_y - \sum n_0)}$$

де $\sum n_y$ - сума назв уніфікованих і запозичених деталей;

$\sum n_0$ - сума назв оригінальних деталей.

Наприклад, високим рівнем уніфікації можна назвати для трактора Т - 150 і Т - 150К. Майже 70% їх складальних одиниць і деталей уніфіковані.

Важливо знати рівень уніфікації запасних частин під час експлуатації і ремонту машин для визначення їх необхідності. Високий рівень уніфікації сприяє підвищенню ефективності виробництва. Однак низький рівень уніфікації може свідчити про використання у виробі нових конструктивних елементів, відповідних досягнень наукових досліджень і передового досвіду

Об'єктами уніфікації можуть бути вироби масового, серійного та індивідуального виробництва: деталі, складові частини, машини. Уніфікація деталей можлива в тому випадку, коли вони мають аналогічне призначення. Уніфікація машин доцільна при наявності невеликої кількості складових одиниць однакового призначення які виконують близькі за характером операції або процеси.

Подальшим поглибленим розвитком уніфікації є агрегування.

Агрегування - це принцип створення машин, обладнання, приладів, виробів з уніфікованих агрегатів (складальних одиниць), що встановлюються в різних поєднаннях і кількостях. В його основі лежить агрегатно-модульний принцип проектування. Коли з

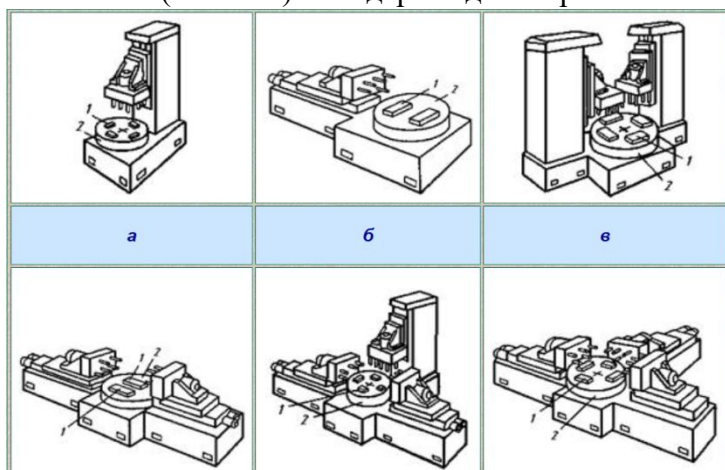
окремих агрегатів, які збирають в різному числі і комбінаціях, можна створювати машини різного технологічного призначення. Наприклад, фарбувальний і зварювальний робот відрізняються один від одного тільки набором виконавчих органів і програмним забезпеченням.

Дуже поширеними стали агрегатні верстати, які розбираються на агрегати, з яких можна скласти нові верстати для обробки інших деталей з потрібною точністю (рис.1.11).

Введення уніфікації і агрегування дозволяє в 2 - 4 рази скоротити терміни виробництва нової техніки і на 25-30% знизити собівартість її виготовлення, зменшити металоємність і витрати на експлуатацію та ремонт.

1.4 Вітчизняні системи стандартів

Загальнотехнічні та організаційно-методичні стандарти, як правило, об'єднують в комплекси (системи) стандартів для нормативного забезпечення вирішення технічних і



соціально-економічних завдань у певній галузі діяльності. В даний час діє більше 40 таких міждержавних систем, які забезпечують організацію виробництва високоякісної продукції. Найважливіші з них розглянуті нижче.

1.4.1 Єдина система конструкторської документації (ЄСКД)

Рисунок 1.10 – Приклад агрегатних верстатів.

Це система постійно діючих технічних і організаційних вимог, що забезпечують взаємний обмін

конструкторською документацією без її переоформлення між галузями промисловості і окремими підприємствами, розширення уніфікації продукції при конструкторській розробці; спрощення форми документів і скорочення їх номенклатури, а також єдність графічних зображень; механізоване і автоматизоване виготовлення документів і, найголовніше, готовність промисловості до організації виготовлення будь-якого виробу на якому завгодно підприємстві в найкоротший термін. Комплекс стандартів ЄСКД впроваджений з 1 січня 1971. Він включає більше 250 стандартів, які розподіляються на дев'ять груп. Стандарти системи ЄСКД позначаються перед номером стандарту цифрою 2.

- 2.1. Основні положення.
- 2.2. Класифікація та позначення виробів в конструкторських документах.
- 2.3. Загальні правила виконання креслень.
- 2.4. Правила виконання креслень різних виробів.
- 2.5. Правила поводження конструкторських документів: облік, зберігання, внесення змін.
- 2.6. Правила виконання експлуатаційної та ремонтної документації.
- 2.7. Правила виконання схем.
- 2.8. Макетні методи проектування.
- 2.9. Інші стандарти (стандарти, призначені на експорт тощо).

1.4.2 Єдина система технологічної документації (ЄСТД)

ЄСТД - це комплекс державних стандартів, що встановлюють взаємопов'язані правила розробки, оформлення та обігу технологічної документації.

Ця система встановлює обов'язковий порядок розробки, оформлення і зберігання всіх видів технологічної документації на машино - і приладобудівних підприємствах країни для виготовлення, транспортування, установки та ремонту виробів цих підприємств.

Єдині правила розробки, оформлення і зберігання технологічної документації дозволяють використовувати прогресивні способи машинної її обробки і полегшують передачу документації на інші підприємства. На даний момент ЄСТД включає більше 50 державних стандартів, які розділені на 9 груп. Стандарти системи ЄСТД позначаються перед номером стандарту цифрою 3. Впровадження стандартів ЄСТД дозволяє підвищити рівень технологічних розробок і продуктивність праці, поліпшити якість технологічної документації.

1.4.3 Державна система забезпечення єдності вимірювань

Ця система відіграє в наш час особливу роль. У сучасній промисловості затрати праці на виконання вимірювань складають в середньому 10% загальних витрат праці на всіх стадіях створення і експлуатації продукції, а в деяких галузях промисловості досягають 50-60% (електронна, радіотехнічна та інші). Ефективність цих витрат визначається достовірністю вимірювань, які можуть бути досягнуті тільки в умовах добре організованого метрологічного забезпечення господарства країни. Стандарти Державної системи забезпечення єдності вимірювань позначаються перед номером стандарту цифрою 8.

1.4.4 Система стандартів безпеки праці

Ця система встановлює єдині правила і норми, що стосуються безпеки людини в процесі праці. Введення системи в дію забезпечує значне зниження виробничого травматизму і професійних захворювань. Стандарти системи безпеки праці позначаються перед номером стандарту цифрою 12.

1.4.5 Єдина система технологічної підготовки виробництв (ЄСТПВ)

Це комплекс міждержавних стандартів і галузевих систем технологічної підготовки виробництва, для виконання вимог яких створюють умови для скорочення термінів підготовки виробництва, освоєння і випуску продукції заданої якості, забезпечення високої гнучкості виробничої структури і значної економії трудових, матеріальних і фінансових ресурсів.

Одним з найважливіших принципів, закладених в ЄСТПВ, є типізація технологічних процесів виготовлення уніфікованих об'єктів виробництва і засобів технологічного оснащення на основі їх класифікації та групування за подібними конструктивними технологічними ознаками, створює основу для підвищення рівня типових технологічних процесів. Впровадження цього принципу дає можливість в кілька разів скоротити терміни підготовки виробництва нових виробів і обсяг розроблюваної технологічної документації.

Типові технологічні процеси базуються на використанні прогресивних заготовок, передових методів обробки деталей, стандартних засобів технологічного оснащення, прогресивних форм організації виробництва. Вони розробляються на основі прогресивних технологічних рішень. Стандарти ЄСТПВ позначаються перед номером стандарту цифрою 14.

ЄСТПВ забезпечує підвищення рівня технологічності конструкції виробів і широкого застосування типових технологічних процесів для виготовлення груп однорідних за конструкцією і методами обробки деталей.

1.5 Стандартизація та якість продукції

1.5.1 Основні терміни та визначення

Проблема якості - це об'єктивне відображення постійного розвитку промисловості в усьому світі, в першу чергу, вдосконалення техніки. Підвищення якості продукції є одним з важливих економічних і політичних завдань на рівні суспільного виробництва.

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

Якість – ступінь, до якого сукупність власних характеристик об'єкта задовольняє вимоги (ДСТУ ISO 9001:2015). Якість продукції залежить від технічного рівня машинобудування і його галузей, визначається безліччю факторів: досконалістю конструкції, якістю застосування матеріалів, потужністю на один кілограм маси конструкції, рівнем уніфікації, стандартизації та агрегування і інших чинників.

Продукцію народного господарства можна розділити на два класи. Перший - це продукція, повністю витрачається при її використанні. При цьому відбуваються незворотні процеси: переробки (сировини, матеріалів, напівфабрикатів), згоряння (палива), засвоєння (харчових продуктів, добрива) тощо. Другий - це продукція, яка при використанні витрачає свій ресурс до тих пір, поки не настане її технічний і моральний знос.

Продукція ділиться на п'ять груп: 1) сировину та природне паливо; 2) матеріали та продукти; 3) витратні вироби; 4) вироби які не ремонтують; 5) вироби які ремонтують.

До групи 1 відносяться руди і їх концентрати, природне паливо, природні матеріали для будівлі і декоративні матеріали, інша неметалічна сировина.

Група 2 – це штучне паливо, масла, заготовки, прокат, дрiт, різні хiмiчні продукти, медичні препарати тощо.

Група 3 – витратні вироби, наприклад, консерви в банках, гази в балонах, парфумерно-косметичні товари тощо.

Група 4 – вироби які не підлягають ремонту: електровакуумні й напівпровідникові вироби (прилади), резистори, конденсатори, цегла, керамічна плитка тощо.

Група 5 – вироби які можна відремонтувати: технічне обладнання, сільськогосподарські машини, вимірювальні прилади, швейні та трикотажні вироби, меблі тощо.

З якістю безпосередньо пов'язані такі поняття, як надійність і довговічність виробів що випускають або відновлюють.

Надійність виробів - це властивість виконувати задані функції, зберігати свої експлуатаційні показники в установлених межах протягом певного 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 напрацюванням пристроєм до граничного стану (тривалістю або об'ємом роботи виробом в годинах, кілометрах, гектарах, інших одиницях).

1.5.2 Показники якості продукції

Для позначення специфічної галузі науки, яка займається розробкою загальних принципів і методів вимірювання якості, введено термін кваліметрія. Її основні завдання:

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

Найбільш ефективними показниками якості виробів є їх експлуатаційні характеристики, що визначають якість виконання виробом заданих функцій. Показники якості продукції - це кількісна характеристика одного або декількох властивостей продукції, які складають її якість.

Одиначний показник якості продукції це показник, який характеризує одну з її властивостей. Наприклад, характерна властивість вимірювальних виробів - точність вимірювання, ціна розподілу шкали, межі вимірювання та інші; для транспортних машин - вантажопідйомність, швидкість руху, прохідність і ін.

За визначення оптимального рівня якості машин і інших виробів, крім одиничних показників, застосовують комплексні показниками, які характеризуються кількома властивостями продукції. Наприклад, коефіцієнт технічної готовності машин визначається за формулою:

$$K_T = \frac{T}{T + T_H},$$

де T - напрацювання на відмову;

T_H - середній час відновлення.

Застосовують також інтегральні показники якості, що відображають ставлення сумарного корисного ефекту від експлуатації або споживання продукції до сумарних витрат на її створення і експлуатацію або споживання:

$$K_i = \frac{\sum E}{Z_C + Z_B},$$

де $\sum E$ – сумарний корисний ефект від експлуатації (використання) продукції; Z_C – витрати на створення (придбання) продукції; Z_B – витрати на експлуатацію (використання) продукції.

Індексом якості продукції називають комплексний показник якості різномірної продукції, яка випущена за певний інтервал часу, рівний середньому зваженому відносно значень показників якості цієї продукції.

Базове значення показника якості продукції - значення показника якості продукції, яке береться за основу для порівняльної оцінки її якості.

Вимірювальний метод - визначення показників якості за допомогою вимірювальних засобів.

Розрахунковий метод - визначення показників за допомогою обчислень коефіцієнта корисної дії.

Органолептичний метод дозволяє визначити показники якості продукції за допомогою органів почуттів людини (наприклад, смакової якості).

Соціологічний метод передбачає збір і облік думок споживачів продукції.

Експертний метод - визначення показників якості продукції на основі рішення групи.

1.5.3 Оцінка рівня якості

З метою підвищення якості продукції слід його систематично оцінювати для порівняння з базовими значеннями. На промислових підприємствах широко використовують різні системи управління якістю продукції (СУЯП).

Посилення конкуренції та усвідомлення ролі якості як основи конкурентоспроможності змушують підприємства перейти від окремих розрізнених елементів управління якістю до їх об'єднання в єдину, комплексну систему управління - з урахуванням всіх факторів, що впливають на якість.

В результаті система якості отримала статус однієї з систем управління підприємством, поряд з системами управління персоналом, виробництвом, постачанням та іншими. Впровадження системи якості дозволяє організовувати і проводити планову, регулярну роботу за якістю. При наявності необхідної матеріальної бази, сучасної технології та кваліфікованого, зацікавленого персоналу, це підвищує стабільність якості всієї продукції, що випускається, а не тільки окремих зразків для виставок і презентацій. Така система є додатковою гарантією якості для замовників, багато з яких практикують перевірку систем якості у потенційних постачальників, результати якої можуть впливати на укладання контрактів.

Поширення подібних взаємин постачальників з замовниками в світовій торгівлі призвело до появи серії міжнародних стандартів ISO 9000 на системи якості, а потім - до виникнення і розвитку сертифікації цих систем незалежними органами, яка враховувала всі позитивні властивості попередніх систем: СБР – системи бездефектної роботи; НОРМ – наукової організації роботи з підвищенням моторесурсу.

СБР охоплює всі служби підприємства і передбачає якісний показник - коефіцієнт якості праці.

В основу НОРМ покладено принцип систематичного контролю рівня моторесурсу двигунів за рахунок підвищення надійності деталей і складальних одиниць. Основним показником якості є підвищення моторесурсу.

Відносна характеристика якості продукції, заснована на порівнянні значень відповідних показників з базовими значеннями, називається рівнем якості продукції. Для оцінки якості продукції застосовують диференційований, комплексний і змішаний методи.

1.5.4 Сертифікація

Важливою складовою частиною державної системи управління якістю є система сертифікації.

Сертифікація - процедура, за допомогою якої третя сторона дає письмову гарантію, що продукція (процес, послуга) відповідає заданим вимогам.

Третьою називають сторону, незалежну від постачальника (перша сторона) і покупця (друга сторона).

Державна сертифікація продукції в Україні поділяється на обов'язкову та добровільну.

Обов'язкова сертифікація - сертифікація на відповідність обов'язковим вимогам нормативних документів, проводиться виключно в державній системі сертифікації. Обов'язкова сертифікація в усіх випадках повинна включати перевірку та випробування продукції для визначення її характеристик і подальший державний технічний нагляд за продукцією яка сертифікується.

Випробування з метою обов'язкової сертифікації повинні проводитися акредитованими випробувальними лабораторіями (центрами).

Добровільна сертифікація може проводитись на відповідність продукції вимогам, що не віднесені актами законодавства та нормативними документами до обов'язкових, з ініціативи виробника, продавця, споживача, органів державної влади, громадських

організацій та окремих громадян на добровільних договірних умовах між заявником і органом з сертифікації.

Добровільну сертифікацію мають право проводити підприємства, організації, інші юридичні особи, які взяли на себе функції органу з добровільної сертифікації, а також органи які акредитовані в державній системі сертифікації.

Метою впровадження обов'язкової сертифікації в Україні є запобігання реалізації продукції, небезпечної для життя, здоров'я і майна громадян, навколишнього середовища, сприяння споживачеві в компетентному виборі продукції, а також створення умов для участі суб'єктів підприємницької діяльності в міжнародному економічному, науково-технічному співробітництві та міжнародній торгівлі .

Вся робота з сертифікації проводиться в рамках системи сертифікації, тобто системи, що має власні правила виконання процедури і порядок проведення сертифікації відповідності.

Системи сертифікації можуть діяти на національному, регіональному або міжнародному рівнях.

1.5.5 Техніко-економічна ефективність стандартизації

Економічна ефективність стандартизації. Економічна ефективність стандартизації відповідно до ГОСТ 20779-81 визначається за таких умов:

- економічне обслуговування планів і програм;
- обґрунтування доцільності розробки і затвердження стандартів і технічних умов;
- визначення цін на продукцію;
- визначення розмірів заохочення працівників в галузі стандартизації.

Економічна ефективність стандартизації визначається комплексно, з урахуванням результатів впровадження всіх заходів зі стандартизації на стадіях виробництва, виготовлення і експлуатації.

Економічний ефект стандартизації - це виражена в грошовій або натуральній формі економія праці в суспільному виробництві внаслідок впровадження стандарту з урахуванням необхідних витрат. Економічний ефект виражається в натуральній формі (зниження трудомісткості, економія матеріалів, зменшення потреби в обладнанні тощо), якщо витрати вимірюють в тих же одиницях, що і економія. В інших випадках економічний ефект виражається в грошовій формі.

Порівнюючи економічну ефективність стандартів, найкращим визначають той стандарт, що забезпечує мінімальний термін окупності капітальних вкладень.

При наявності даних про одиниці продукції економічний ефект можна визначити за формулою:

$$E = [(C_1 + E_H \cdot K_1) - (C_2 + E_H \cdot K_2)] \cdot B_2 ,$$

де C - собівартість одиниці продукції або роботи; E_H - нормативний коефіцієнт ефективності; K - вага капітального вкладення (виробничі фонди); B - обсяг річного випуску продукції, 1 і 2 - індекси, тут і далі позначають стан до і після стандартизації.

Коли є дані про річний випуск продукції, то економічний ефект розраховують таким чином:

$$E = [(C_1 + E_H \cdot K_1) - (C_2 + E_H \cdot K_2)].$$

Тут C - собівартість річного випуску; K - величина виробничих фондів.

Підраховуючи економічний ефект в натуральній формі потрібно користуватися такими формулами:

- при зниженні витрат матеріалу в тонах, метрах і інших одиницях

$$E = B \cdot (M_{H1} - M_{H2}),$$

де M_H – норма витрати матеріалу на одиницю продукції;

- при зниженні трудомісткості (ефект виражається кількістю звільнених працівників)

$$E = B \cdot (T_1 - T_2) / \Phi,$$

де T - норма часу на одиницю; Φ - річний фонд часу роботи;

- при зменшенні тривалості виробничого циклу (ефект виражається в одиницях часу)

$$E = C_1 - C_2,$$

де C - тривалість виробничого часу.

Економічна ефективність стандартизації на підприємстві. Для народного господарства, крім визначення економічної ефективності стандартизації, необхідно знати економічну ефективність від впровадження стандартів на підприємстві.

При визначенні економічного ефекту враховують:

- зниження собівартості виготовлення стандартної продукції;
- підвищення цін на стандартну продукцію внаслідок поліпшення її якості;
- збільшення обсягу реалізації стандартної продукції внаслідок підвищення попиту;
- зменшення основних і оборотних фондів підприємства внаслідок інтенсивного використання устаткування та скорочення тривалості інших циклів випуску стандартної продукції.

Витрати на впровадження стандартів на продукцію - це одноразові витрати на технічну підготовку виробництва та освоєння випуску продукції за цим стандартом.

До витрат на впровадження стандартів на продукцію відносяться:

- витрати на розробку або перегляд необхідної технічної документації на стандартизований виріб, $V_{ТД}$;

- витрати на забезпечення підприємства новими видами сировини, матеріалів і комплектуючих виробів V_M , а також новим обладнанням, приладами, пристроями для проведення модернізації діючого обладнання $V_{ОБ}$;

- витрати на будівництво нових, розширення і реконструкцію діючих будівель і споруд $V_{БД}$;

- витрати на підготовку і перепідготовку кадрів V_K і на інші заходи $V_{ІН}$.

$$V = V_{ТД} + V_M + V_{ОБ} + V_{БД} + V_K + V_{ІН}.$$

Питання для самоперевірки до третьої лекції:

1. Які роботи здійснюються при симпліфікації?
2. У чому полягає типізація?
3. Які види типізації існують?
4. У чому суть уніфікації?
5. Як оцінити уніфікацію кількісно?
6. У чому суть агрегування?
7. Для чого служить ЄСКД?
8. Для чого служить ЄСТД?
9. Для чого потрібна державна система забезпечення єдності вимірювань?
10. Як відрізнити стандарти системи безпеки праці від інших стандартів?
11. Для чого служить ЄСТПВ?
12. Що розуміють під якістю продукції?

13. Як можна оцінити якість кількісно?
 14. Чим відрізняється уніфікація від симпліфікація?
 15. Що таке система забезпечення якості?
 16. Для чого необхідна сертифікація продукції?
 17. Як оцінити економічна ефективність стандартизації?
- Література для додаткового навчання: [1, с.21-39; 4, с.57-66].

Лекція 4

Мета лекції - ознайомлення з поняттям взаємозамінності і її видами, номінальною і дійсною поверхнями, класифікацією розмірів, навчитися визначати придатність деталі відповідно до граничних відхилень і розмірів, навчитися розрахувати допуск деталі.

2 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО РОЗМІРИ І З'ЄДНАННЯ, СИСТЕМИ ДОПУСКІВ І ПОСАДОК

2.1 Взаємозамінність та її види

Взаємозамінністю називається принцип, що охоплює конструювання, виробництво і експлуатацію виробів, їх складових частин (вузлів) і деталей, заснований на застосуванні комплексу вихідних науково-технічних положень. Виконання цих положень забезпечує можливість рівноцінної заміни на етапах виробництва і експлуатації будь-якого з безлічі екземплярів виробів, їх складових частин або деталей іншими однотипними екземплярами.

З визначення поняття взаємозамінності ми бачимо, що взаємозамінність планується під час проектування машин. Взаємозамінність забезпечується під час виготовлення та складання машин, та взаємозамінність зберігається під час експлуатації та ремонту машин (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Три етапи забезпечення взаємозамінності: а – конструція машин; б – виготовлення та складання машин; в – експлуатація та ремонт машин.

Взаємозамінність може бути повною і неповною (обмеженою). **Повною взаємозамінністю** називається властивість незалежно виготовлених із заданою точністю деталей і вузлів забезпечувати можливість безприпасованого складання (або заміни при ремонті) деталей, що з'єднуються в вузли, а вузлів в готовий виріб при дотриманні пред'явлених до них технічних вимог.

Взаємозамінність може бути забезпечена тільки тоді, коли в результаті обробки деталей їх розміри, форма, розташування поверхонь і осей, механічні, електричні та інші функціональні параметри знаходяться в встановлених межах. Тому повну взаємозамінність називають **функціональною взаємозамінністю**.

Досягти повну взаємозамінність не просто. Про це говорить такий історичний приклад: при виробництві станкового кулемета системи Максим фірми яка виробляла цю зброю вдалося досягти повної взаємозамінності деталей тільки в 1910 р.

Функціональні параметри визначають експлуатаційні показники виробів. При проектуванні насамперед виявляють функціональні параметри і, відповідно до проектного

завданням або технічних умов на виготовлення, визначають діапазони зміни цих параметрів. Діапазон зміни функціонального параметра називають **допуском**.

Як приклад застосування повної взаємозамінності може бути складання комп'ютерів. Ви можете придбати набір необхідних деталей комп'ютера та зібрати його самостійно. В Інтернеті ви легко знайдете список необхідних деталей та інструкцію на YouTube, як зібрати комп'ютер. Для налаштування параметрів окремих деталей комп'ютера вам не потрібен осцилограф та паяльник. Після того, як ви вставили всі деталі комп'ютера в системний блок і підключили дроти, комп'ютер можна вмикати (рис. 2.2).

Повна взаємозамінність має такі переваги:

1. Спрощується, прискорюється і здешевлюється процес проектування будь-якого виробу, так як їх основні елементи стандартизовані (різьби, шліци, підшипники, зубчасті передачі тощо).
2. Спрощується процес складання виробів, що зводиться до механічного з'єднання деталей.
3. Створюються умови для автоматизації проектування, виготовлення та складання виробів, яку можна автоматично без участі робітників.



Рисунок 2.2 – Приклад повної взаємозамінності для складання комп'ютера.

4. Виникає спеціалізація і кооперація заводів.
5. Спрощується процес ремонту виробів.
6. Підвищується надійність виробів, а якість стає стабільною.

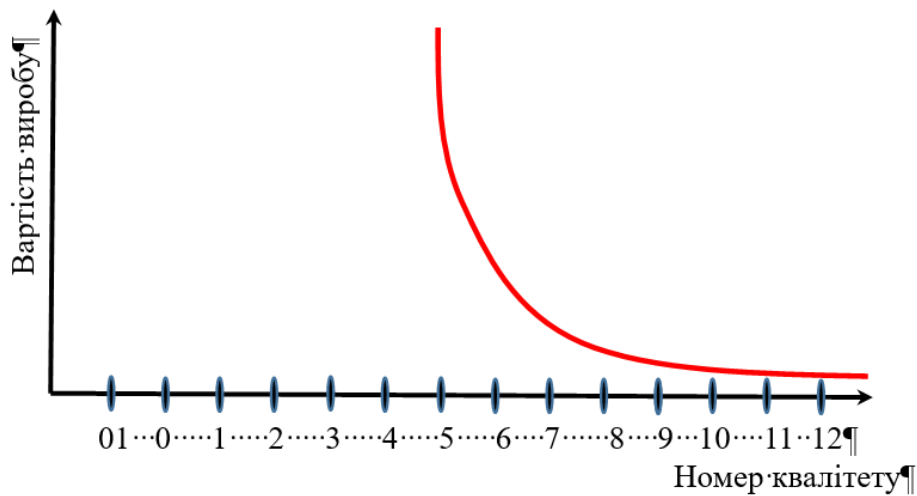


Рисунок 2.3.—Залежність вартості деталей від їх точності.

Основним недоліком повної взаємозамінності є висока точність обробки деталей машин (5-6-й квалітет). Що це таке «квалітет», ми дізнаємось трохи пізніше. Поки що пам'ятайте цю шостий квалітет забезпечує досить високу точність обробки деталей машин. З графіку

видно, що чим менша номер квалітету, тим більша вартість деталей машини. (рис. 2.3).

Неповна (обмежена) взаємозамінність може здійснюватися за окремими функціональними параметрами і допускає застосування групового підбору (селективного складання), компенсаторів, регулювання положення деяких деталей, припасування і інших додаткових технологічних і конструкторських заходів.

П'ять із перших переваг повної взаємозамінності для обмеженої взаємозамінності стають його недоліками. А саме:

1. Процес проектування будь-якої моделі стає більш складним, дорогим і сповільнюється, оскільки їх основні елементи не стандартизовані.
2. Процес складання виробів різко ускладнюється.
3. Не створюються умови для автоматизації проектування, виготовлення та складання виробів.
4. Спеціалізація та кооперація підприємств не розвивається.
5. Різко ускладнюється процес ремонту виробів.

Застосування додаткових технологічних заходів дозволяє різко знизити точність або підвищує квалітет окремих деталей машин, забезпечуючи при цьому необхідну точність виробу в цілому. Як ми бачимо на рисунку 2.3, що чим більший номер квалітету, тим менша вартість деталей машини. Тому, незважаючи на всі свої недоліки, обмежена взаємозамінність широко застосовується.

Зовнішня взаємозамінність поширюється на покупні і одержані по кооперації вузли та деталі, з яких збирають готовий виріб. Здійснюється зовнішня взаємозамінність відповідно до експлуатаційних показників цих деталей і вузлів та ще за формою і розмірами приєднувальних поверхонь. Наприклад, електродвигун замінюють виходячи з потужності, крутного моменту, типу струму (постійний, змінний). Це експлуатаційні показники електродвигуна. У різних двигунів з однаковими експлуатаційними показниками можуть бути різні форми посадочного кінця валу (циліндричний або конічний), тип кріплення (фланцеве або на лапах) тощо (рис.2.4).



Рисунок 2.4 – Приклади деталей із зовнішньою взаємозамінністю.

Давайте розглянемо приклад електричної лампи. Лампи для освітлення квартири використовують напругу 220 вольт, а автомобільні лампи лише 12 вольт. І перші не можна використовувати замість других. Ми рідко дивимося на напругу ламп. В основному ми підбираємо лампи відповідно до їх потужності. Це параметрична взаємозамінність ламп. Але цих параметрів лампи для її вибору недостатньо. Лампи мають різні цоколі за формою та розмірами (рис. 2.4). Світильники з різними патронами не можна використовувати для різних ламп. Це розмірна взаємозамінність ламп.

Внутрішня взаємозамінність, тобто взаємозамінність деталей машини, які входять в окремі незалежні складальні одиниці. Наприклад, підшипник кочення в електродвигуні, роторі та статорі, колекторні щітки тощо (рис. 2.5). Внутрішня взаємозамінність може бути повною та неповною. Наприклад, підшипник кочення в машині має повну взаємозамінність, але кульки в підшипнику кочення мають неповну взаємозамінність. Тобто ви не можете взяти кульки з одного підшипника і покласти їх в інший підшипник такого ж розміру.

Для забезпечення взаємозамінності необхідно виконувати наступні вихідні умови.

1. Виготовлення деталей і складання виробів повинні здійснюватися з нормованою точністю всіх основних функціональних параметрів.

2. Точність обладнання і технологічної оснастки повинна перевищувати точність виготовлених деталей, тобто необхідний запас точності обладнання.



Рисунок 2.5 – Приклад двигуна деталі якого мають внутрішню взаємозамінність.

3. Для відповідальних деталей необхідно створювати оптимальну якість поверхні. Наприклад, зайва шорсткість деталей веде до підвищеного їх зносу через механічне зрізання гребінцями нерівностей матеріалу деталі. Занадто низька шорсткість призводить до поганого утримання мастила поверхнями які труться та переходу від рідинного тертя до напівсухого або сухого, і як наслідок, до підвищеного зносу деталей. Шорсткість поверхні, її твердість,

залишкові напруги повинні знаходитися в певному діапазоні.

4. Обов'язковий контроль виконання вимог до точності основних функціональних параметрів деталей.

5. Повинно бути забезпечено єдність вимірювань і їх точність.

Рівень взаємозамінності виробництва оцінюють коефіцієнтом взаємозамінності K_e , рівним відношенню трудомісткості виготовлення взаємозамінних деталей до загальної трудомісткості виготовлення виробу T_0 .

$$K_e = T_d/T_0.$$

Ступінь наближення K_e до одиниці є об'єктивним показником технічного рівня виробництва.

Складовою частиною функціональної взаємозамінності є розмірна взаємозамінність. Вона передбачає необхідну точність виконання лінійних розмірів. Під точністю виготовлення розуміють ступінь відповідності реальної деталі (вузла або всього виробу) проектно заданої конструктором за допомогою креслення і технічних вимог.

2.2. Номінальні і дійсні поверхні

Необхідно розрізняти **номінальні геометричні поверхні**, що мають форму, розташування поверхонь і розміри які визначені кресленням, без яких би то ні було нерівностей і відхилень, а також **реальні (дійсні) поверхні**, які отримані в результаті обробки поверхонь деталей або видозмінені в процесі експлуатації деталей, розміри і форма яких визначені шляхом вимірювання з наперед відомою похибкою.

У техніці розглядаються такі типи номінальних поверхонь: плоска, циліндрична, сферична, тороїдальна, гвинтова, призматична, лінійна та інші (рис. 2.6)

Аналогічно слід розрізняти номінальні і дійсні профілі (контури або лінії перетину) (рис. 2.7), а також номінальне і дійсне розташування осей або поверхонь деталей (рис. 2.8).

На практиці застосовують класифікацію відхилень фактичних геометричних параметрів деталей машин відносно номінальних геометричних параметрів, яка базується на теорії гармонійного аналізу. Профіль будь-якої поверхні може бути виражений як рівняння. Це рівняння можна записати у вигляді ряду Тейлора (рис. 2.8).

Відхилення розміру відносять до відхилень нульового порядку (найбільша за величиною похибка).

Відхилення розташування поверхонь відносять до відхилень першого порядку.

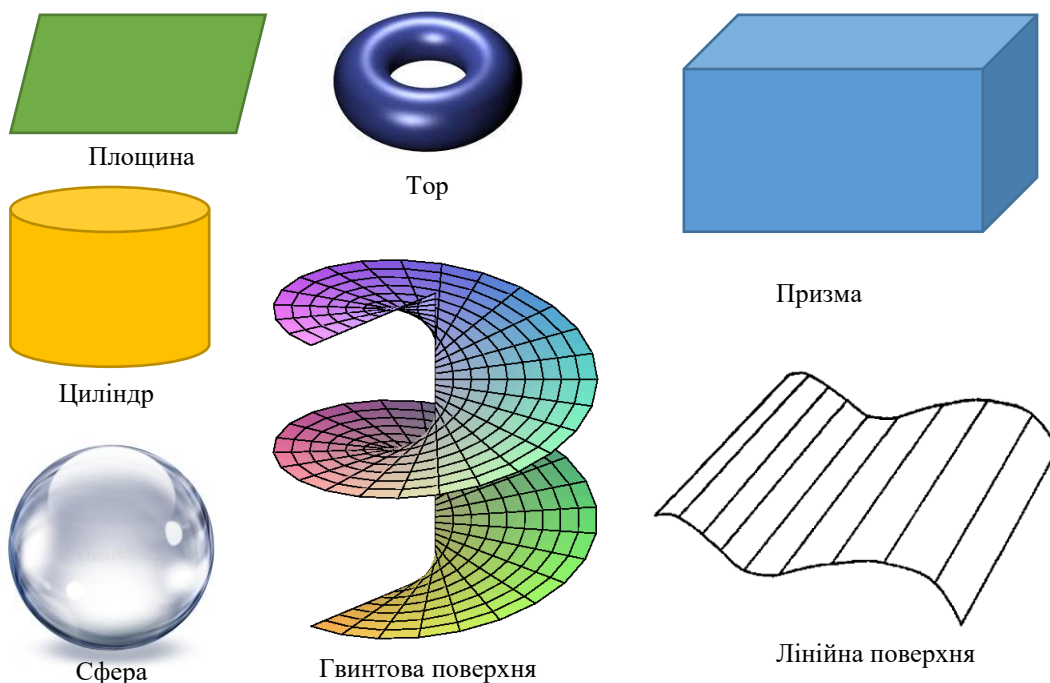


Рисунок 2.6 – Типи номінальних поверхонь.

Рисунок 2.7 – Номінальний та реальний профіль

Рисунок 2.8 – Реальне та номінальне розташування

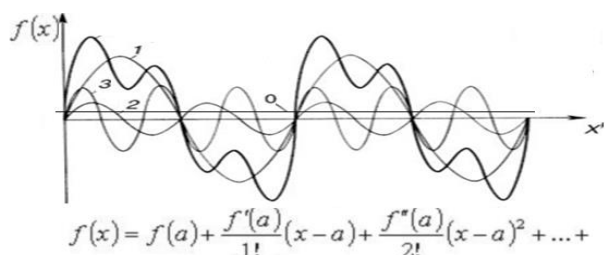


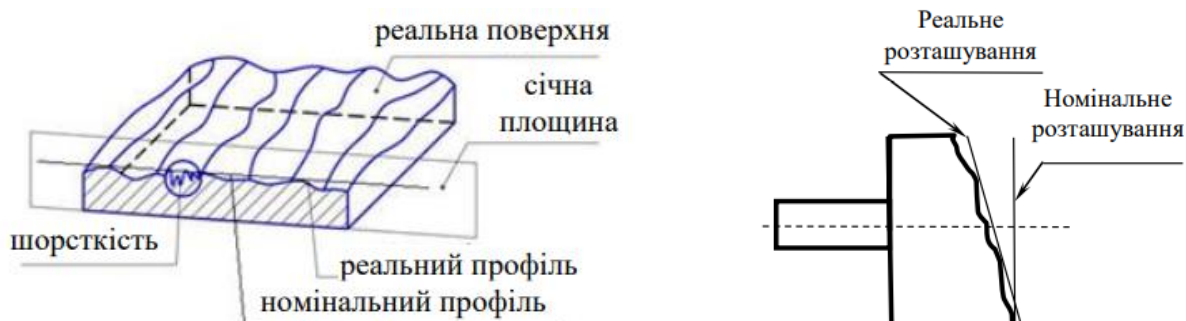
Рисунок 2.9 – Графічне зображення гармонік реальної поверхні та рівняння, що описує її.

Відхилення форми поверхонь відносять до відхилень другого порядку.

Хвилястість поверхонь відносять до відхилень третього порядку.

Шорсткість поверхонь відносять до відхилень четвертого порядку.

Розглянемо приклад, нехай є ступінчастий валик (рис. 2.10). Ретельне вимірювання діаметра другого ступеня валу показує що він має справжні розміри 49 і 50 мм, та вони відрізняються від номінального розміру в 50 мм і значить є відхилення нульового



порядку. Аналіз розташування поверхні діаметра 50 мм дає підставу стверджувати про наявність відхилення розташування $\Sigma = 0,5$ мм, тобто відхилення першого порядку. Так як в різних перетинах поверхні другої ступені має різні діаметри, то має місце наявність похибки форми, тобто відхилення другого порядку. При збільшенні ділянки поверхні I - I, виявляється хвилястість, тобто відхилення третього порядку. При збільшенні ділянки поверхні II - II, виявляється шорсткість, тобто відхилення четвертого порядку.

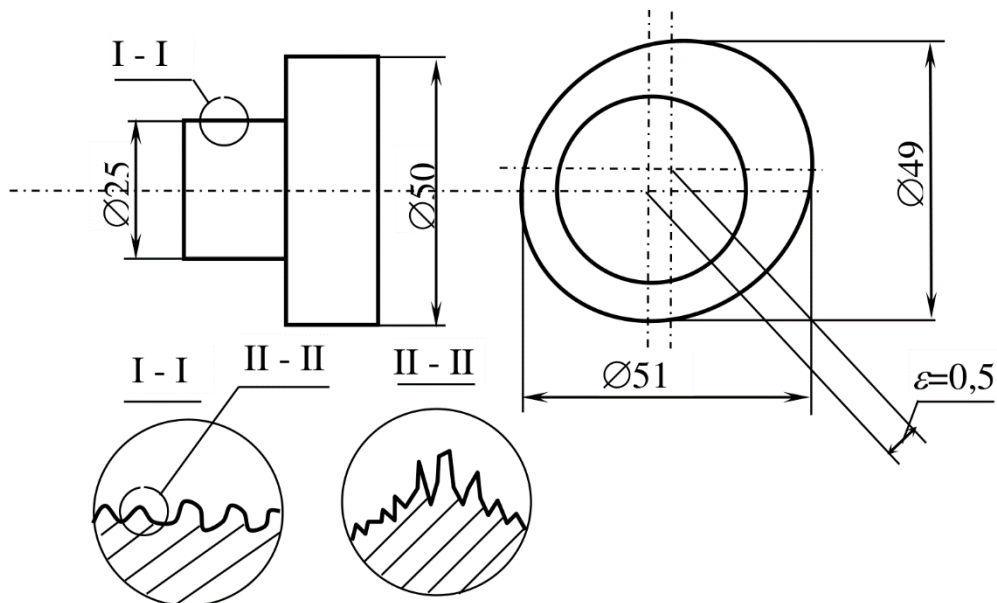


Рисунок 2.10 – Відхилення форми поверхонь різних порядків.

Всі відхилення, всіх порядків підлягають нормуванню і повинні обумовлюватися своїми системами допусків.

2.3 Класифікація розмірів, граничні відхилення та допуски

Розміри поділяються на вільні та спряжені.

Вільними розмірами називають розміри поверхонь деталей, які не беруть участі в з'єднанні з іншими деталями виробів. Як правило, ці розміри мають 13 - 17 квалітет. На рисунку 2.11 вільні розміри обведені зеленою лінією. **Спряжені розміри** це розміри поверхонь які беруть участь в з'єднанні з іншими поверхнями деталей виробів та утворюють різні типи з'єднань, саме вони важливі для забезпечення взаємозамінності і мають 6 - 12 квалітет. На рисунку 2.11 спряжені розміри обведені червоною лінією.

Розміри також підрозділяються на номінальні, граничні і дійсні.

Номінальний розмір - основний розмір, який одержано розрахунковим шляхом з конструктивних або технологічних міркувань, округлений до найближчого стандартного значення відповідно до ГОСТ 6636:2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры» і розмір, що проставлено на кресленні. Номінальний розмір служить для відліку граничних відхилень.

Номінальний розмір отвору позначається великою літерою латинського алфавіту - D , а валу, малою - d . Наприклад, $D = 40$ мм; $d = 40$ мм (рис. 2.12)

Дійсним розмір виробу, одержуваний після його виготовлення шляхом вимірювання з наперед відомою похибкою. Наприклад, дійсний розмір валу $d_{\delta} = 39,96$ мм; а отвори $D_{\delta} = 40,02$ мм.

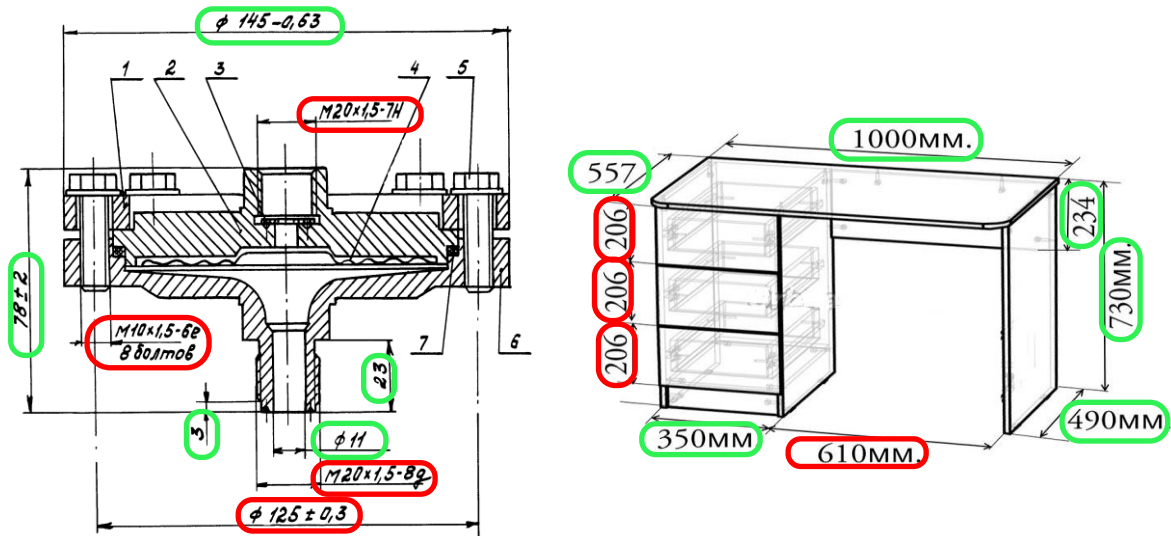


Рисунок 2.11 – Приклад на вільних та спряжених розмірів.

Граничними розмірами деталі називають найбільше і найменше допустиме значення розміру, між якими повинен знаходитися або дорівнювати їм дійсний розмір придатної деталі. Наприклад, найбільший граничний розмір отвору $D_{max} = 40,03$ мм, найменший $D_{min} = 40,0$ мм. Нехай дійсний розмір отвору буде дорівнює $D_d = 40,2$ мм, тоді він менше D_{max} і більше D_{min} і, отже, деталь з отвором придатна для використання. Якщо граничні розміри валу $d_{max} = 39,98$ мм і $d_{min} = 39,95$ мм, а $d_d = 38,96$ мм, то вал буде придатним (рис. 2.12).

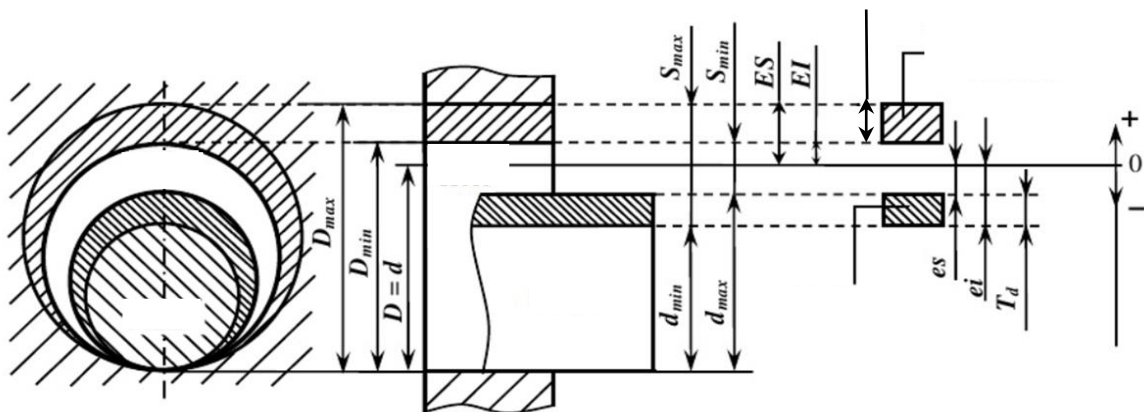


Рисунок 2.11 – Позначення розмірів, відхилень та допусків на схемі.

Введемо поняття граничних відхилень розмірів.

Верхнім граничним відхиленням (ES – для отворів і es – для валів) називається алгебраїчна різниця між найбільшим граничним і номінальним розмірами. Відповідно до визначення і вище наведеними прикладами можна записати:

$$ES = D_{max} - D = 40,03 - 40 = 0,03 \text{ мм};$$

$$es = d_{max} - d = 39,98 - 40 = -0,02 \text{ мм}.$$

Нижнім граничним відхиленням (EI – для отворів і ei – для валів) називається алгебраїчна різниця між найменшим граничним і номінальним розмірами. Наприклад:

$$EI = D_{min} - D = 40 - 40 = 0 \text{ мм};$$

$$ei = d_{\min} - d = 39,95 - 40 = -0,05 \text{ мм.}$$

У тих випадках, коли використовують вимірювальні прилади з відносним способом вимірювання, зручно користуватися дійсним відхиленням розміру. Дійсним відхиленням (E_d – для отворів і e_d – для валів) називається алгебраїчна різниця між дійсним і номінальним розмірами. Наприклад:

$$E_d = D_d - D = 40,02 - 40 = 0,02 \text{ мм;}$$

$$e_d = d_d - d = 39,96 - 40 = 0,04 \text{ мм.}$$

Якщо дійсні відхилення знаходяться між граничними відхиленнями розміру, деталь вважається придатною. У нашому прикладі для отвору $ES > E_d > EI$ і для валу $es > e_d > ei$, тобто деталі придатні.

Граничні відхилення розмірів в таблицях допусків наводяться в мікрометрах (мкм), а на кресленнях деталей проставляються в міліметрах. Наприклад: $\varnothing 40^{+0,03}$ – для отвору в наших прикладах, відхилення яке рівне нулю, не проставляється, $\varnothing 40_{-0,05}^{-0,02}$ для валу, верхнє відхилення проставляється зверху, а нижнє знизу, зі своїм знаком праворуч від номінального розміру. При симетричному розташуванні відхилень, їх записують наступним чином: $\varnothing 50 \pm 0,15$.

Допуском розміру (T) називають різницю між найбільшим і найменшим граничними розмірами деталі, або алгебраїчну різницю між верхнім і нижнім граничними відхиленнями. Допуск завжди позитивна величина. Наприклад:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 40,03 - 40 = 0,03 \text{ мм;}$$

$$TD = ES - EI = 0,03 - 0 = 0,03 \text{ мм;}$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 39,98 - 39,95 = 0,03 \text{ мм;}$$

$$Td = es - si = -0,02 - (-0,05) = 0,03 \text{ мм.}$$

Питання для самоперевірки до четвертої лекції:

1. Що розуміють під взаємозамінністю?
2. Які види взаємозамінності існують?
3. Що розуміють під дійсною поверхнею деталі?
4. Як класифікують відхилення поверхонь?
5. Що розуміють під номінальним розміром деталі?
6. Для чого потрібні гранично допустимі розміри деталей?
7. Як визначити верхню і нижню граничні відхилення?
8. Як розрахувати допуск розміру.

Література для додаткового навчання: [1, с.51 -56; 2, с.3-7].

Лекція 5

Мета лекції – навчитися будувати схеми розташування полів допусків, розпізнавати типи різних посадок за схемами полів допусків, ознайомитися з поняттями основних систем побудови посадок.

2.4 Схеми розташування полів допусків

Розглянуті поняття легко подати графічно (рис. 2.13). Схема, що розташована ліворуч, наочна, але незручна для практичного користування. Тому на практиці набули широкого поширення схеми, аналогічні наведеної праворуч.

Введемо поняття **нульової лінії**, під якою розуміють умовну лінію, що відповідає номінальному розміру деталі або з'єднання. При схематичному зображенні полів допусків

граничні відхилення розмірів відкладаються в відносному масштабі по вертикалі від нульової лінії. Позитивні відхилення відкладаються угору, а негативні – донизу від нульової лінії. На схемах відхилення проставляються в мікрометрів. Ширина поля допуску може бути довільною.

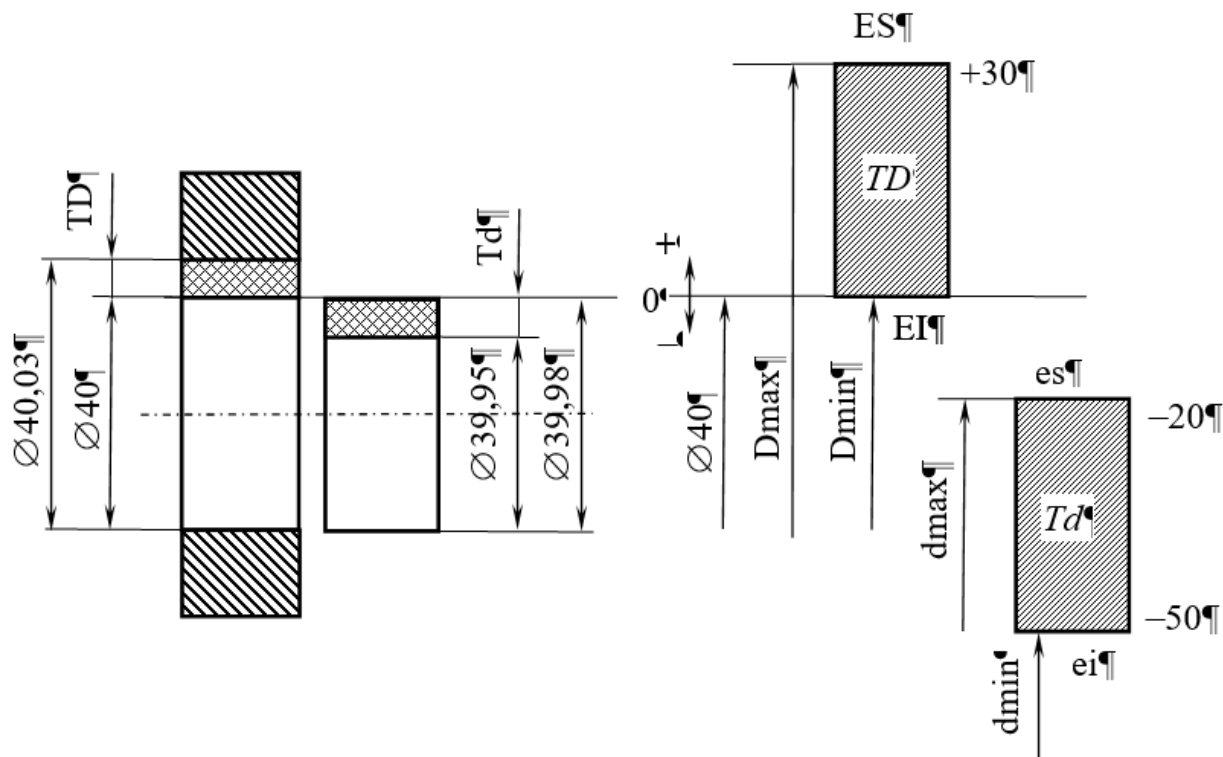


Рисунок 2.13 – Схема розташування полів допусків.

Поле допуску характеризується як величиною, так й розташуванням щодо нульової лінії.

З рисунку 2.13 випливає:

$$D_{max} = D + ES;$$

$$d_{max} = d + es;$$

$$D_{min} = D + EI;$$

$$d_{min} = d + ei.$$

2.5 З'єднання і посадки

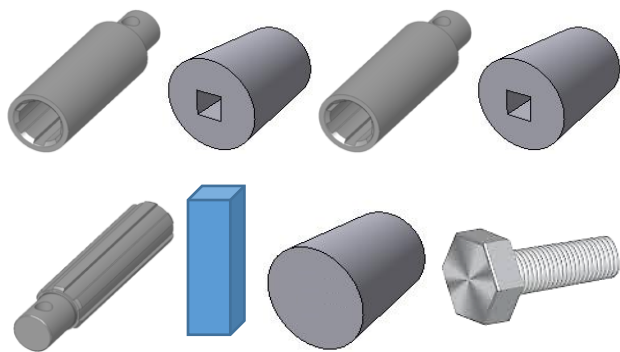


Рисунок 2.14.1 – Охоплюючі та охоплювані поверхні

У з'єднаннях деталей, що входять одна в іншу, розрізняють **охоплюючі** (рис. 2.14.1 верхній ряд) та **охоплювані поверхні** (рис. 2.14.1 нижній ряд). Охоплюючі поверхні незалежно від їх форми умовно називають отворами (шліцьовий отвір) і позначають D . Охоплювані – називають валами і позначають d .

Посадкою називається характер з'єднання деталей, який визначається величиною одержуваних в з'єднанні зазорів або натягів. Посадка

визначається різницею діаметрів отвору і валу до збірки.

Якщо до збірки розмір отвору більше розміру валу, то їх різниця визначає ступінь свободи відносного переміщення деталей і називається **зазором** $S = D - d$. Якщо до збірки

розмір валу більше розміру отвору, то їх різниця визначає ступінь опору відносного переміщення деталей і називається **натягом** $N = d - D$.

Схема розташування полів допусків деталей, що утворюють **посадку з зазором**, відрізняється розташуванням поля допуску отвору вище поля допуску валу (рис. 2.14.),

Вал d і отвір D можуть утворювати зазор різної величини в залежності від їх дійсних діаметрів. Якщо на збірку надійшли деталі з гранично допустимими розмірами, вони утворюють граничні зазори S_{min} і S_{max} . У з'єднанні деталей найбільш ймовірно з'єднання середніх розмірів, тому посадку найбільш повно характеризує середній зазор $S_{сер}$. Зазори визначають за формулами:

$$\begin{aligned} S_{min} &= D_{min} - d_{max} = Ei - es; \\ S_{max} &= D_{max} - d_{min} = ES - ei; \\ S_{сер} &= (S_{max} + S_{min})/2. \end{aligned}$$

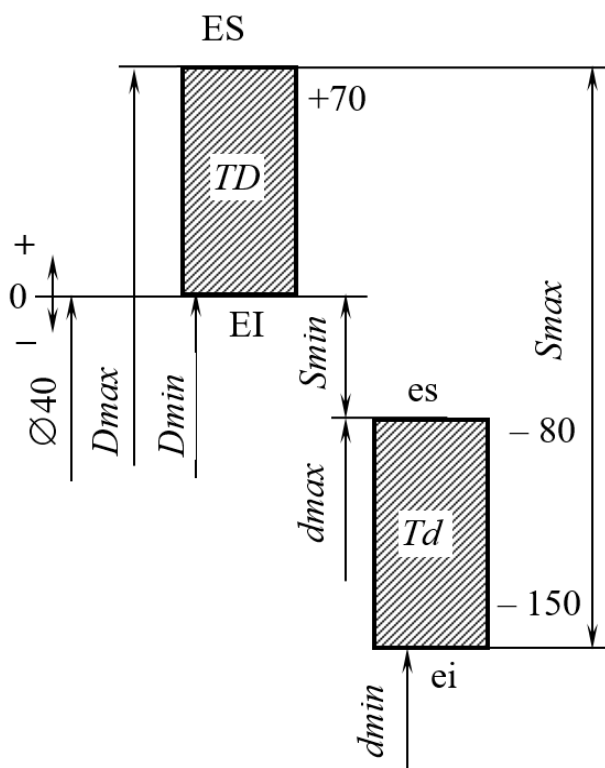


Рисунок 2.14 Посадка с зазором.

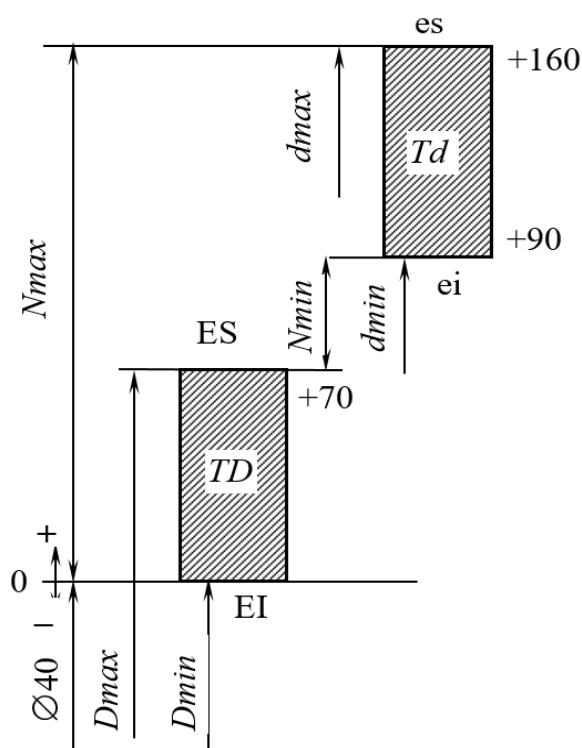


Рисунок 2.15 – Посадка с натягом.

Схеми розташування полів допусків **посадок з натягом** відрізняються тим, що поля допусків валів завжди розташовуються вище полів допусків отворів (рис. 2.15). Вал d і отвір D – утворюють посадку з натягом. За аналогією з посадкою з зазором натяг бувають максимальними, мінімальними і середніми:

$$\begin{aligned} N_{min} &= d_{min} - D_{max} = ei - ES; \\ N_{max} &= d_{max} - D_{min} = es - EI; \\ N_{сер} &= (N_{max} + N_{min})/2. \end{aligned}$$

Для точного центрування деталей застосовують **перехідні посадки**, при здійсненні яких в з'єднанні можуть утворюватися як зазори, так і натяги. Відмінною рисою перехідних посадок є таке положення полів допусків, яке забезпечує накладення полів допусків одне на одне при їх пересуванні вздовж нульової лінії (рис. 2.16.). Вал d і отвір D

утворюють перехідну посадку. Якщо поле допуску валу вище поля допуску отвору або $|N_{max}| > |S_{max}|$, перехідну посадку називають із середнім натягом. Якщо $|S_{max}| > |N_{max}|$ – із середнім зазором: $N_{сер} = (N_{max} + S_{max})/2$, для першого випадку і $S_{сер} = (S_{max} - N_{max})/2$ для другого.

Так як посадка є прийнятною тільки в певному діапазоні зміни зазорів або натягів, то введено поняття допуску посадки. **Допуск посадки**, як впливає з рисунків 2.14 - 2.16, для посадки з зазором, з натягом і перехідної відповідно дорівнює:

$$\begin{aligned} TS &= S_{max} - S_{min} = TD + Td; \\ TN &= N_{max} - N_{min} = TD + Td; \\ TNS &= N_{max} + S_{max} = TD + Td. \end{aligned}$$

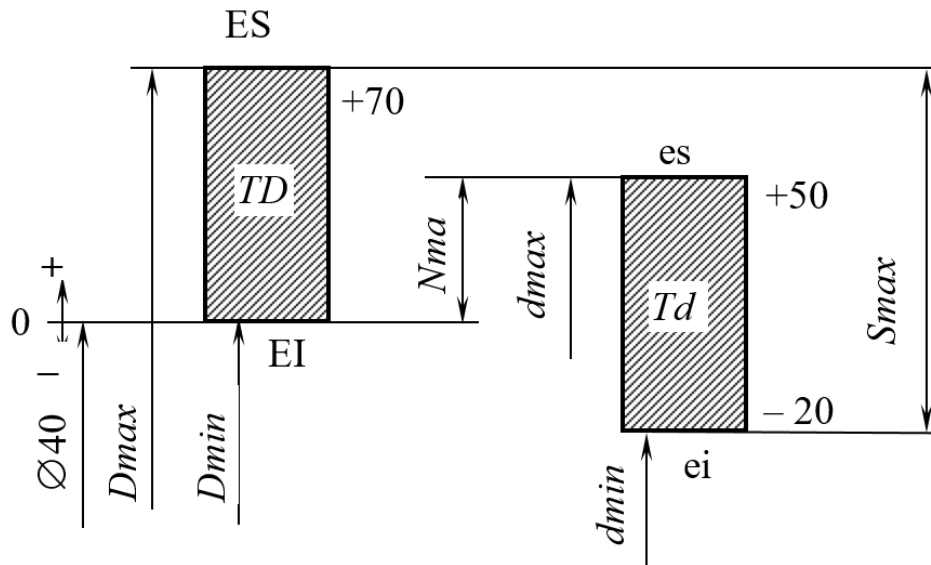


Рисунок 2.16 – Перехідна посадка.

2.6 Принципи побудови систем допусків і посадок

Системою допусків і посадок називається сукупність рядів допусків і посадок, закономірно побудованих і оформлених у вигляді стандартів. Система служить для економічно доцільного обмеження варіантів вибору посадок. Будь-яка система визначається рядом вихідних ознак.

Таблиці допусків і посадок складені в системі отвори або системі валу.

Системою посадок основного отвору називається сукупність посадок, в якій при одному і тому ж номінальному розмірі і якості граничні відхилення отворів однакові, а різні посадки досягаються зміною граничних відхилень валів (рис. 2.17, а). Поле допуску TD називається основним отвором ($EI = 0$).

Системою посадок основного валу називається сукупність посадок, в якій при одному і тому ж номінальному розмірі і якості граничні відхилення валів однакові, а різні

посадки досягаються зміною граничних відхилень отворів (рис. 2.17, б). Поле допуску Td називається основним валом ($es = 0$).

Системи отвору і валу рівноправні, але при їх виборі користуються такими рекомендаціями:

1. Система отвору має переважне застосування, так як при цьому скорочується номенклатура дорогого мірного інструменту для обробки отворів (свердла, зенкера, розгортки, протяжки тощо).

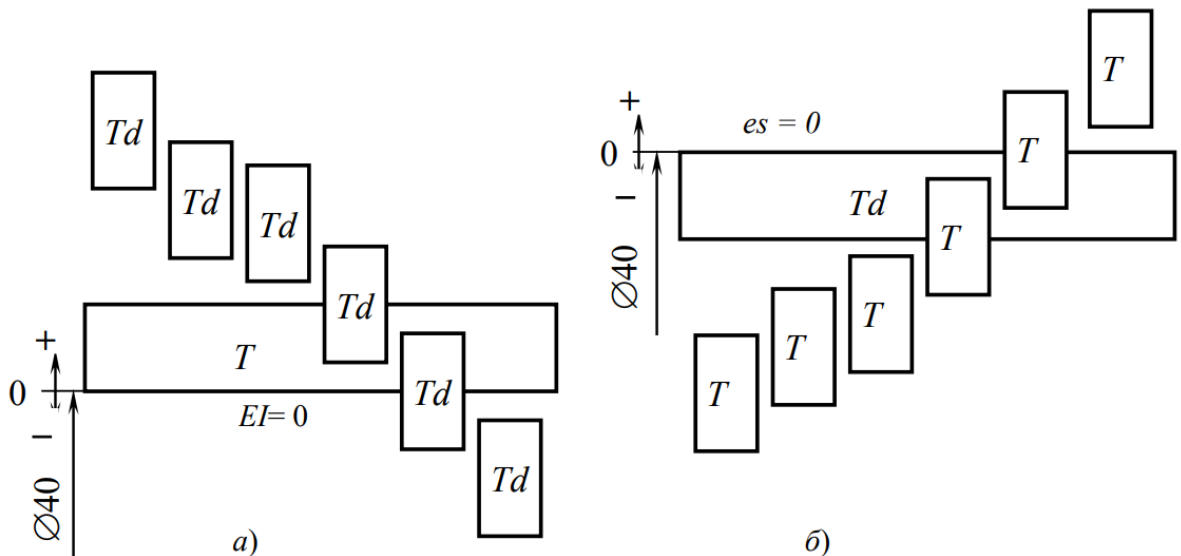


Рисунок 2.17 – Система основного отвору (а) і основного валу (б)



Рисунок 2.18 – Суцільнотягнутий прутковий матеріал.

2. Система валу застосовується при використанні суцільнотягнутого пруткового матеріалу, що не потребує додаткової обробки зовнішньої поверхні (рис.2.18).

3. Якщо в конструкції вузла на одному валу розташовано кілька деталей з отворами (рис. 2.19.), які необхідно з'єднати з валом за різними посадкам, слід застосовувати систему валу (в цьому випадку вал буде гладким, без ступенів).

4. Система обирається відповідно до застосовуваної покупної деталі або складальної одиниці. Наприклад, підшипник кочення завжди з'єднаний з корпусом в системі валу, а з валом – в системі отвору.

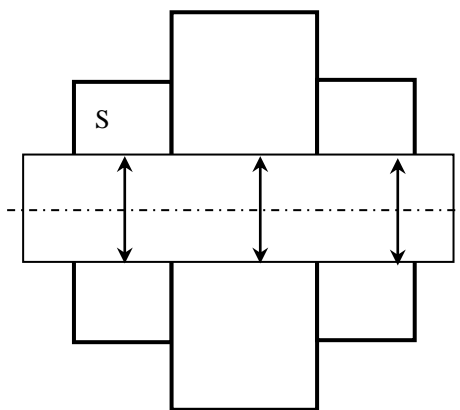


Рисунок 2.19 – Застосовування системи валу.

Посадки можуть бути здійснені в системі отвори або валу. Якщо посадка не містить жодного основного поля допуску, ні отвору, ні валу, то така посадка називається комбінованою.

Однобічність граничної системи.

Ознака однобічності регламентує розташування поля допуску основної деталі щодо нульової лінії. Одне з відхилень завжди дорівнює нулю, а допуск розташований "в тіло" деталі. Це спрощує користування таблицями і суттєво економить метал на заготовках.

Питання для самоперевірки до п'ятої лекції:

1. Як побудувати схему розташування полів допусків?
2. Що називається зазором?
3. Що називається натягом?
4. Чи можуть бути в одній посадці і зазор і натяг одночасно?
5. Як відрізнити посадку з зазором від посадки з натягом по розташуванню полів

допусків?

6. Як порахувати зазори або натяги в з'єднанні деталей?
 7. Що таке допуск посадки?
 8. Що таке система основного отвору?
 9. Що таке система основного валу?
 10. За якими правилами обирають систему основного валу або отвору?
- Література для додаткового навчання: [1, с.53 -60; 2, с.5-7].

Лекція 6

Мета лекції - ознайомлення з поняттями одиниці допуску, інтервалу розмірів, основного відхилення, квалітету, особливостями системи отвору і валу в ЄСДП, навчитися позначати посадки на кресленнях і будувати схеми розташування полів допусків відповідно до основних принципів їх побудови.

Одиниця допуску. У загальному випадку допуск T залежить від розміру (діаметра) і від точності. Залежність допуску від розміру визначається одиницею допуску i . Одиниця допуску i в різних системах обчислюється за різними формулами виду $i = f(D)$. Залежність допуску від точності визначається коефіцієнтом точності a , що дорівнює кількості одиниць допуску для кожного квалітету.

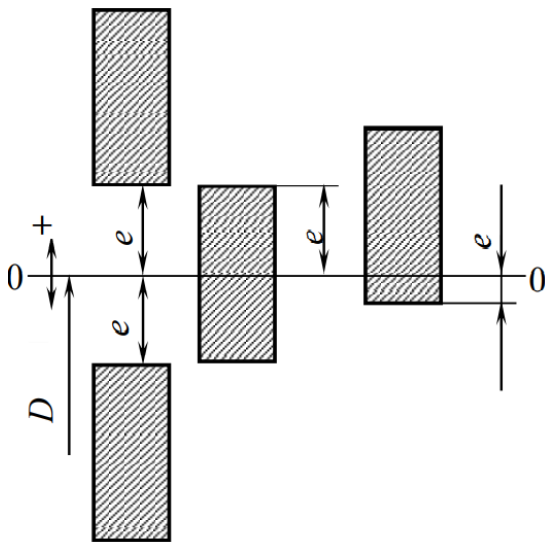
Таким чином:

$$T = i \cdot a.$$

Це головна формула взаємозамінності для загального машинобудування.

Квалітети, ступені точності, класи точності - ступені градації значень допусків системи.

Інтервали розмірів. Якщо розраховувати допуски для кожного номінального розміру, то це призведе до нераціонально великій кількості рядків в стандартах з однаковими допусками. Тому весь діапазон розмірів розбивається на інтервали. Допуск розраховується за середнім розміром інтервалу так, щоб він відрізнявся від допуску на краю інтервалу не більше ніж на 5-8%.



Температурний режим. Всі відхилення в стандартах допусків і посадок розраховані на умови контролю при нормальній температурі, що дорівнює $+20^{\circ}\text{C}$.

Основні відхилення. Розташування поля допуску відносно нульової лінії визначається основним відхиленням e (рис. 2.20) Основним називається одне з граничних відхилень поля допуску, найближче до нульової лінії.

Рисунок 2.20 – Основні відхилення

2.7 Єдина система допусків і посадок на гладкі елементи деталей

Єдина система допусків і посадок на гладкі елементи деталей (ЄСДП) – є граничною односторонньою, що допускає застосування як системи отвору, так і системи валу. Система розроблена на основі стандартів ISO і відрізняється від неї тільки практичним відбором полів допусків і посадок.

ЄСДП встановлено 20 квалітетів (ступенів точності), які визначаються в порядку зменшення точності цифрами 01, 0, 1, 2, 3 ... 16, 17, 18.

Допуски позначають латинськими літерами *IT* із зазначенням номеру квалітету. Наприклад: *IT8* або *IT12*.

Одиниця допуску для квалітетів, починаючи з 5-го, розраховують за формулою:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D + 0,01 \cdot D},$$

де *D* – розмір (діаметр) деталі в мм; *i* – одиниця допуску в мкм.

Формула отримана з узагальнення практичного досвіду машинобудування. Перша частина формули враховує збільшення допуску за рахунок збільшення похибки обробки при збільшенні розміру деталі, друга частина – за рахунок зростання складності вимірювання.

Число одиниць допуску *a* при переході від квалітету до квалітету, починаючи з 5-го, змінюється за геометричною прогресією зі знаменником $\varphi = 1,6$. Чисельні значення коефіцієнта *a* вибираються по наступній таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Число одиниць допуску в різних квалітетах

Призначення допусків	На розміри спряжених деталей									На вільні розміри			
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Номери квалітетів	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Число одиниць допуску <i>a</i>	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

У квалітетах вищої точності 01, 0 і 1, які використовують для призначення допусків на кінцеві міри довжини (рис. 2.21, *a*), контрольні калібри і особливо точні деталі, допуски розраховують за формулами:



a



б

Рисунок 2.21 – Кінцеві міри довжини – *a*; калібр-скоба та калібри-пробки – *б*.

$$\begin{aligned} IT01 &= 0,3 + 0,008D; \\ IT0 &= 0,5 + 0,012D; \\ IT1 &= 0,8 + 0,020D. \end{aligned}$$

де: *D* - розмір деталі в мм; *IT* - допуск в мкм.

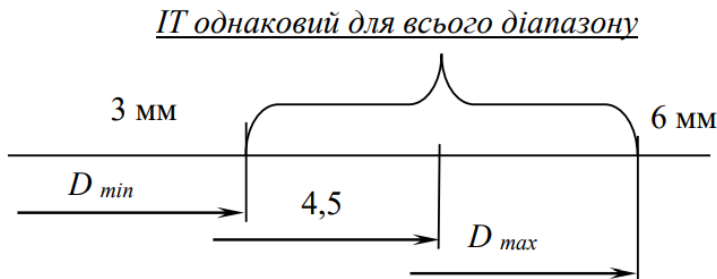
Для 2, 3, 4 квалітетів, які використовують для призначення допусків на калібри (рис. 2.1, *б*) та точні деталі, допуски розраховують за формулами:

$$\begin{aligned} IT2 &= \sqrt{IT1 \cdot IT3}; \\ IT3 &= \sqrt{IT1 \cdot IT5}; \\ IT4 &= \sqrt{IT3 \cdot IT5}. \end{aligned}$$

У ЄСДП весь діапазон розмірів до 500 мм (основний діапазон) розбитий на 13 основних інтервалів: до 3 мм; більше 3 до 6 мм; більше 6 до 10 мм тощо. Розрахунок допусків виконують виходячи з середнього геометричного розміру інтервалу:

$$D = \sqrt{D_{max} \cdot D_{min}} \approx \frac{D_{max} + D_{min}}{2}$$

Приклад.



Для інтервалу від 3 до 6 мм розмір D для підстановки в формулу:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D,$$

буде дорівнює:

$$D = \frac{6 + 3}{2} = 4,5 \text{ мм.}$$

Визначивши i за формулою,

задавши значення a з таблиці 2.1, розрахуємо значення допуску для якості $IT = i \cdot a$.

ЄСДП встановлює по 21 полю допуску для отворів і валів, що позначають однією літерою. Поля допусків отворів позначаються великими буквами латинського алфавіту, поля допусків валів - малими. Основне отвір позначається буквою H , основний вал - h . Крім того (для задоволення вимог точної механіки), введено по 6 проміжних полів, що позначаються двома буквами. Поля допусків js і JS мають симетричне розташування поля допуску відносно нульової лінії.

Для утворення посадок з зазором в системі валу застосовують такі поля допусків отворів: $A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G$. І аналогічні поля допусків валів в системі основного отвору: $a, b, c, cd, d, e, ef, f, g$.

Для утворення перехідних посадок застосовують поля допусків отворів $JS; J, K, M, N$ і аналогічні поля допусків валів $js; j, do, m, n$.

Для утворення посадок з натягом застосовують поля допусків отворів $P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, TB, ZC$ і валів $p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, tv, zc$.

Схеми розташування полів допусків, прийняті в ЄСДП, наведені на рисунку 2.22.

Поля допусків позначають після вказівки номінального розміру буквою (найменування основного відхилення поля допуску) і цифрою (номер якості). Наприклад: $\varnothing 40H7$ – основний отвір діаметра 40 мм, сьомого якості. $\varnothing 50F8$ – отвір в системі валу, з основним відхиленням F , діаметра 50 мм, восьмого якості. $\varnothing 35t7$ – вал в системі отвору, з основним відхиленням t , діаметром 35 мм, сьомого якості.

$\varnothing 25f6 \left(\begin{smallmatrix} -0,020 \\ -0,033 \end{smallmatrix} \right)$ – вал в системі отвору для створення посадки з зазором, з основним відхиленням f , діаметром 25 мм, шостого якості, $es = -0,020$ мм, $ei = -0,033$ мм.

Посадки позначаються дробом, в чисельнику поле допуску отвору, в знаменнику – поле допуску валу. Наприклад

$$\varnothing 40 \frac{H7}{t6}, \varnothing 40H7/t6 \text{ або } \varnothing 40H7-t6.$$

2.8 Методика побудови полів допусків в ЄСДП

У ЄСДП розташування поля допуску визначається величиною основного відхилення, яке позначається буквою латинського алфавіту (найменування поля допуску).

Основні відхилення розраховують за формулах виду $e = C D^n$, де D – розмір деталі в мм. C і n – коефіцієнти, різні для різнойменних полів допусків (букв), але однакові для однойменних полів у різних якостях.

Основні відхилення однакові, так само для однойменних полів допусків отворів і валів. Таким чином, одна межа поля допуску визначається основним відхиленням, а друга

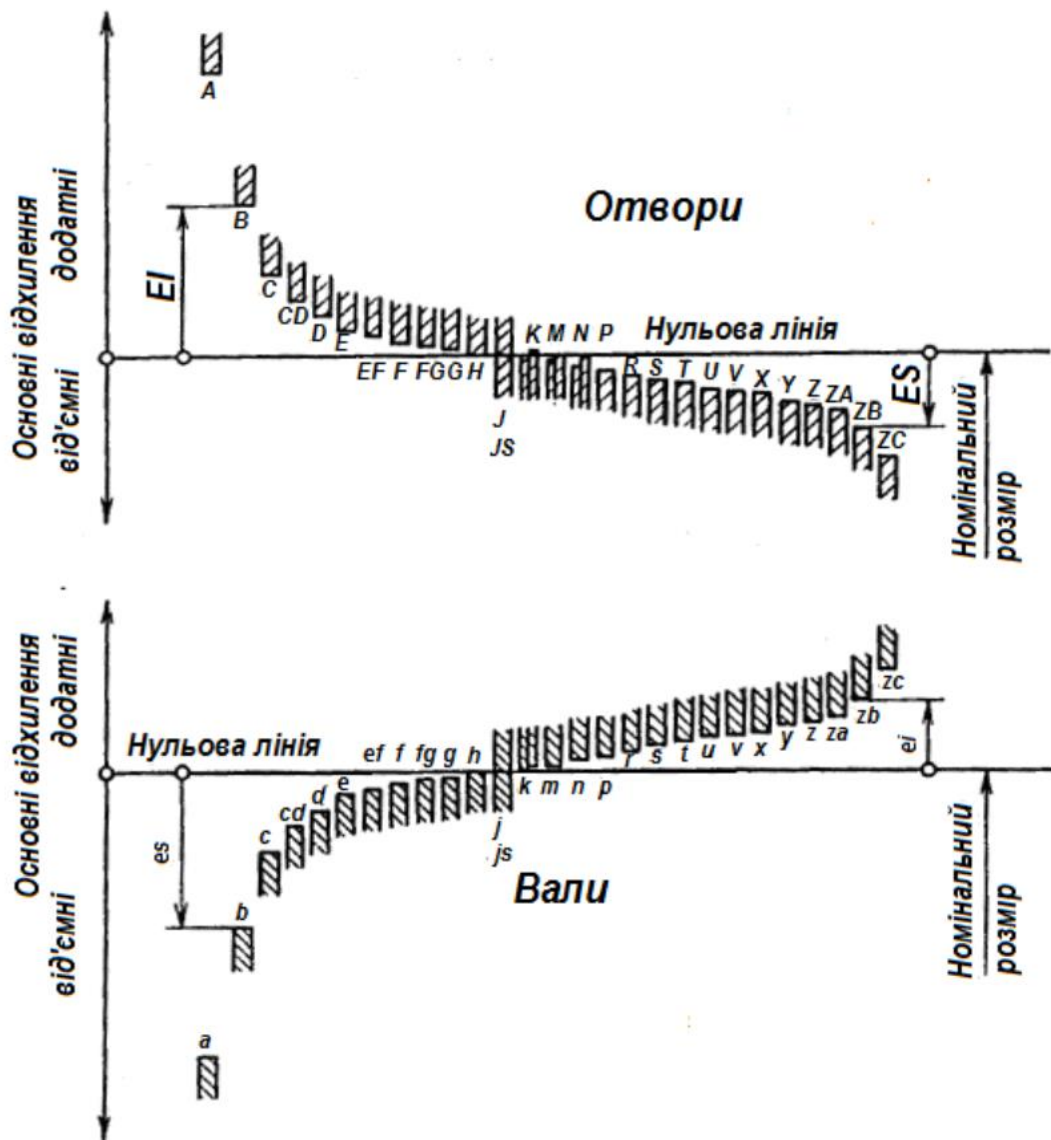


Рисунок 2.22 – Поля допусків отворів і валів в ЄСДП.

виразом $e + IT$, якщо поле розташоване вище нульової лінії і виразом $e - IT$, якщо поле розташоване нижче нульової лінії.

Наприклад, на рисунку 2.23,а побудована схема розташування поля $\varnothing 40r6$ при відомих $p = 26$ мкм і $IT = 16$ мкм. Послідовність побудови наступна. Від нульової лінії відкладаємо вгору основне відхилення $p = 26$ мкм, яке визначає ei поля $R6$. Для знаходження es додаємо до ei значення $IT = 16$ мкм. Побудуємо поле допуску $\varnothing 40r7$. Для побудови поля допуску $\varnothing 40R7$ при відомому $IT7 = 25$ мкм відкладаємо його від ei вгору, так як поля допусків $r7$ і $R6$ однойменні і їх основні відхилення рівні. Подальша методика побудови аналогічна попередній (рис. 2.23, б). Побудуємо поле допуску $\varnothing 40r6$. Нам відомо, що для поля $R6$ допуск $IT = 16$ мкм і $p = 26$ мкм. Так як поля допусків однойменні, то $P = p = 26$ мкм. Відкладаємо вниз від нульової лінії відстань $P = 26$ мкм і отримуємо значення $ES = -26$ мкм. Для знаходження EI віднімемо від ES значення $IT6$ (рис. 2.23, в).

Аналогічно можна побудувати будь-яке поле допуску, для чого потрібно знати чисельне значення основного відхилення і допуск. Слід зазначити, що поля допуску Js і js не мають основного відхилення через їх симетричного розташування відносно нульової лінії.

ДСТУ 2500-94 – «Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми» визначає загальні положення ЄСДП. Якщо не використовувати обмеження, то можна отримати по 532 поля

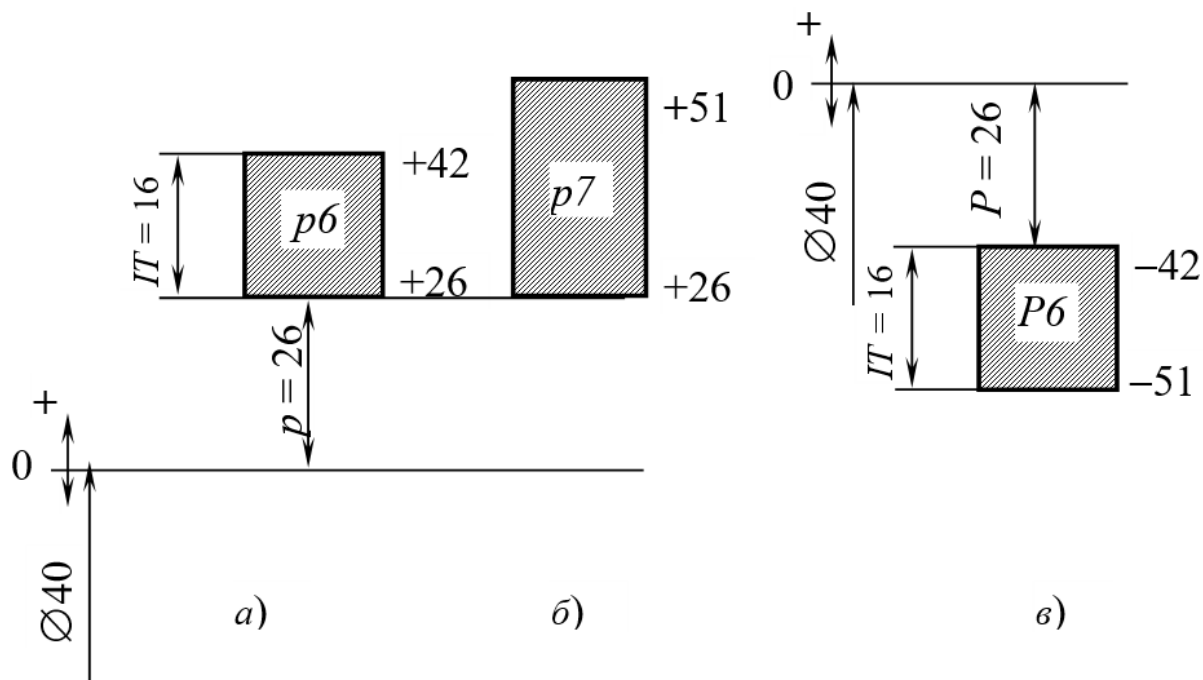


Рисунок 2.23 – Методика побудови полів допусків

допуску для отворів і валів без урахування інтервалів розмірів. Така кількість надмірно для практичного використання. Тому ГОСТ 25347-82 встановлює обмежений відбір полів допусків. Цей відбір розбитий на основний (таблиці 7 і 8 ГОСТу) і додатковий, який наведено в додатку (таблиці 11 і 24). З основного відбору виділено ще більш вузький ряд полів переважного застосування (поля в потовщених рамках). Всі інші поля є спеціальними і застосовуються тільки при наявності спеціального техніко-економічного обґрунтування.

Допуски на вільні розміри призначають за 14-18 квалітетами. Рекомендується для зовнішніх розмірів, типу валу, допуск розташовувати вниз від нульової лінії, тобто в тіло деталі, як у основних валів. Наприклад, за $h16$. Для внутрішніх розмірів, типу отвору, допуск розташовують в плюс від нульової лінії, як у основного отвору. Наприклад, за $H16$.

Для поверхонь типу «уступ», «виступ» або «паз» (рис. 2.24), які не можна віднести ні до отворів, ні до валів, рекомендується симетричне розташування поля допуску. Наприклад, $\pm IT16/2$.

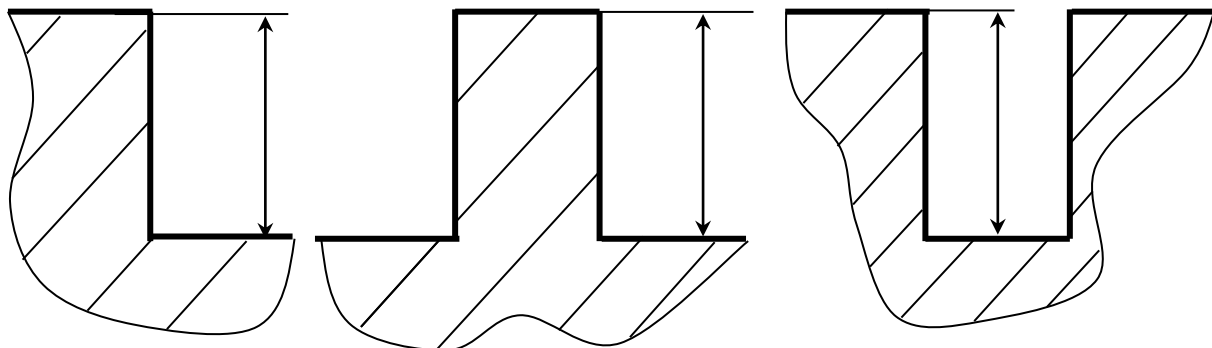


Рисунок 2.24 – Поверхні типу «уступ», «виступ», «паз».

Питання для самоперевірки до шостої лекції:

1. Що називається одиницею допуску?
 2. Що розуміють під квалітетом?
 3. Для чого потрібні інтервали розмірів?
 4. Що визначає основне відхилення?
 5. Якою системою є ЄСДП?
 6. Як розрахувати величину допуску для конкретного квалітету?
 7. Як розрахувати допуск для заданого інтервалу розмірів?
 8. Скільки полів допусків передбачає ЄСДП?
 9. Які поля допусків ЄСДП використовують для утворення посадок з зазором, з натягом і для перехідних посадок?
 10. Як позначаються посадки на кресленнях?
 11. Як будуються схеми полів в ЄСДП?
- Література для додаткового навчання.: [1, с.60 -80; 2, с.11-15].*

Лекція 7

Мета лекції - ознайомитися з класифікацією калібрів, навчитися контролювати придатність деталей калібрами і розраховувати їх виконавчі розміри.

3 КОНТРОЛЬ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ГЛАДКИМИ КАЛІБРАМИ

3.1 Класифікація калібрів

Калібрами називаються засоби контролю, які призначені для перевірки відповідності дійсних розмірів деталі її гранично допустимим розмірам.

За конструкцією калібри поділяються на калібри для контролю отворів, що мають форму пробок (рис. 3.1, *a* і *б*), і калібри для контролю валів, що мають форму скоб (рис. 3.1, *в* і *г*).

У свою чергу, скоби бувають жорсткі (рис.3.1, *в*) і регульовані (рис.3.1, *г* та рис.3.2). Регульовані скоби мають меншу жорсткість і точність, тому їх застосовують для контролю валів 9 і більше грубих квалітетів.

За призначень калібри поділяються на робочі, приймальні (в стандарті не наведено) і контрольні.

Робочі калібри, робочі прохідні (Р-ПР) і робочі непрохідні (Р-НЕ) застосовують для контролю деталей в процесі їх виготовлення на робочих місцях. Приймальні калібри П-ПР і П-НЕ застосовують контролери ВТК або представники замовника. Ці калібри спеціально не виробляють. Як приймальні калібри використовують нові робочі непрохідні і зношені мінімум на 2/3 допуску на знос робочі прохідні калібри. Контрольні калібри К-РП, К-НЕ і К-З застосовують для перевірки виготовлення жорстких скоб і настройки регульованих робочих калібрів скоб. За формою контрольні калібри виготовляються у вигляді пробок або шайб. У лабораторіях в якості контрольних калібрів використовують кінцеві міри довжини (рис.3.1, *д*).

Калібри визначають не числове значення розміру деталі, а тільки її придатність, тобто знаходження дійсного розміру деталі між її граничними допустимими розмірами.

3.2 Схема контролю деталей калібрами

Схема контролю циліндричних деталей калібрами показана на рис. 3.3. Деталь вважається придатною, якщо Р-ПР калібр проходить по контрольованій поверхні, а Р-НЕ калібр не проходить. Робочі калібри називаються граничними, так як їх розміри

відповідають граничним розмірами деталі. Прохідна сторона калібру завжди відповідає максимальній кількості матеріалу на деталі.

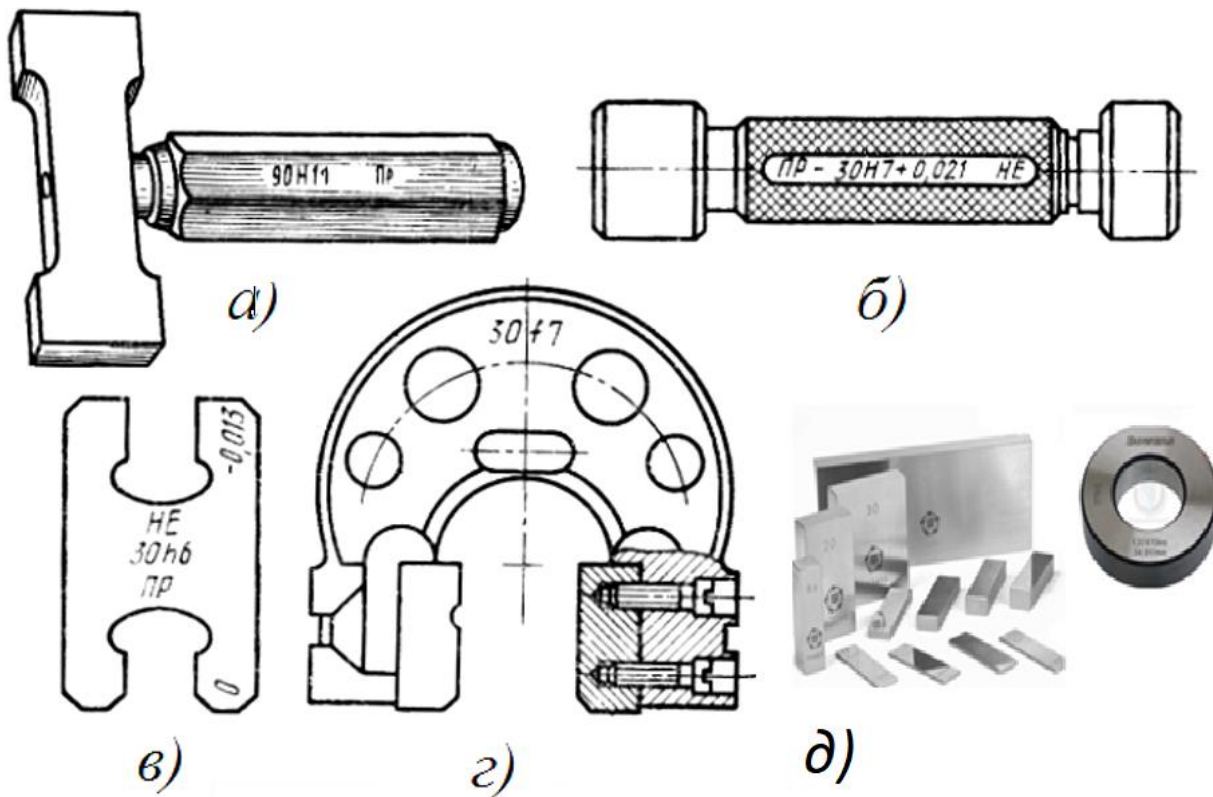


Рисунок 3.1 – Калібри-пробки і калібри-скоби.

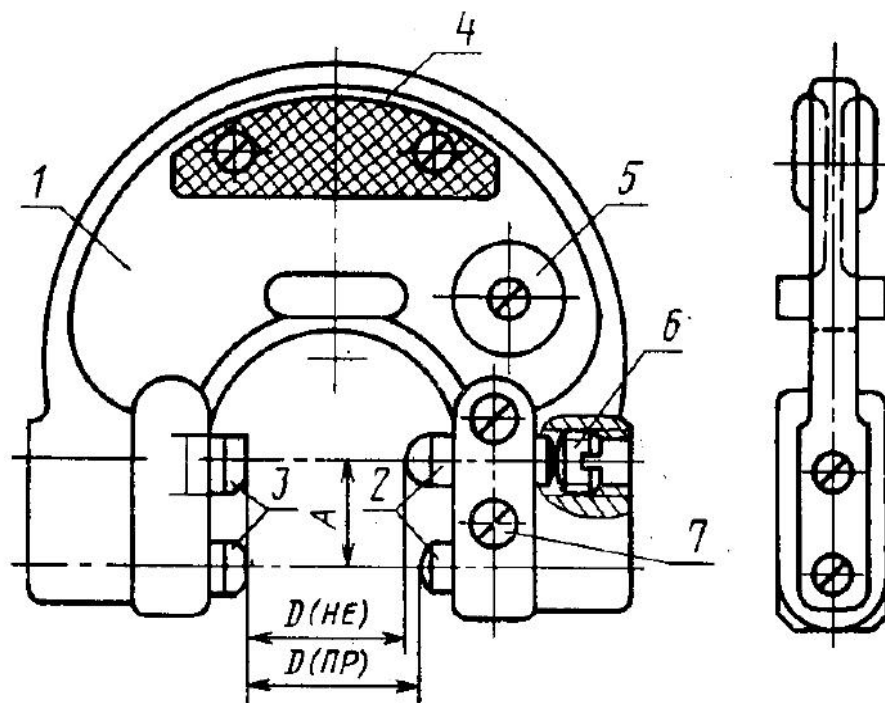


Рисунок 3.2 – Регульована калібр скоба.

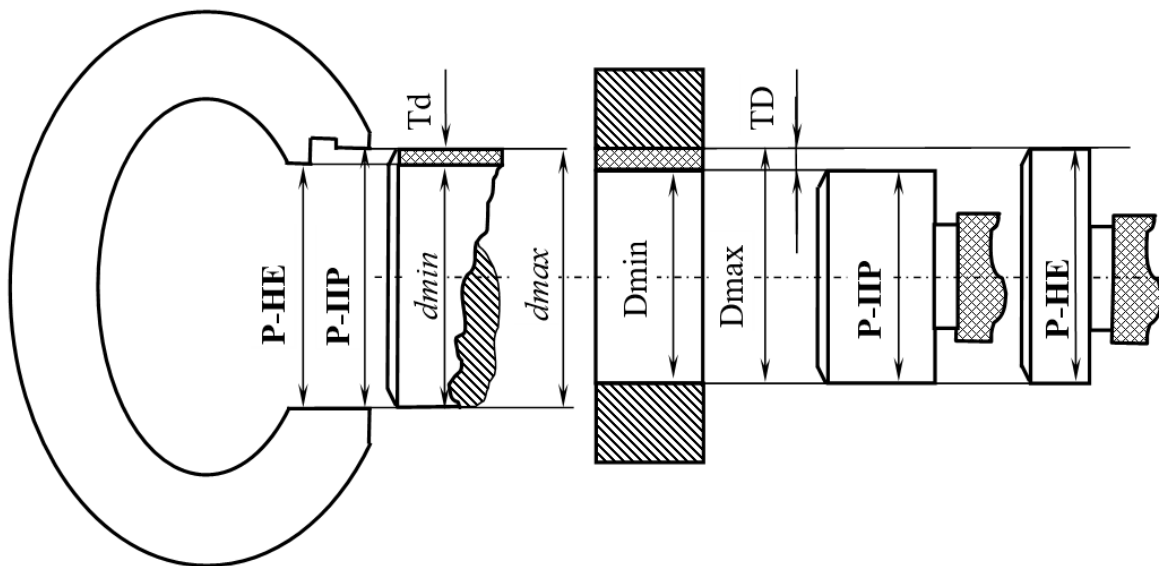


Рисунок 3.3 – Схема контролю деталей калібрами.

3.3 Схеми розташування полів допусків калібрів

ГОСТ 24853-81 на гладкі калібри встановлює наступні допуски на їх виготовлення: H – допуск калібрів для отворів; H_1 допуск калібрів для валів; H_p – допуск контрольних калібрів. Координати середини полів робочих прохідних калібрів для отворів і валів позначають відповідно Z і Z_1 . Допустимий вихід розміру зношеного Р-ПР калібру за границю поля допуску отвору позначається Y , а валу – Y_1 (рис. 3.4, а і б).

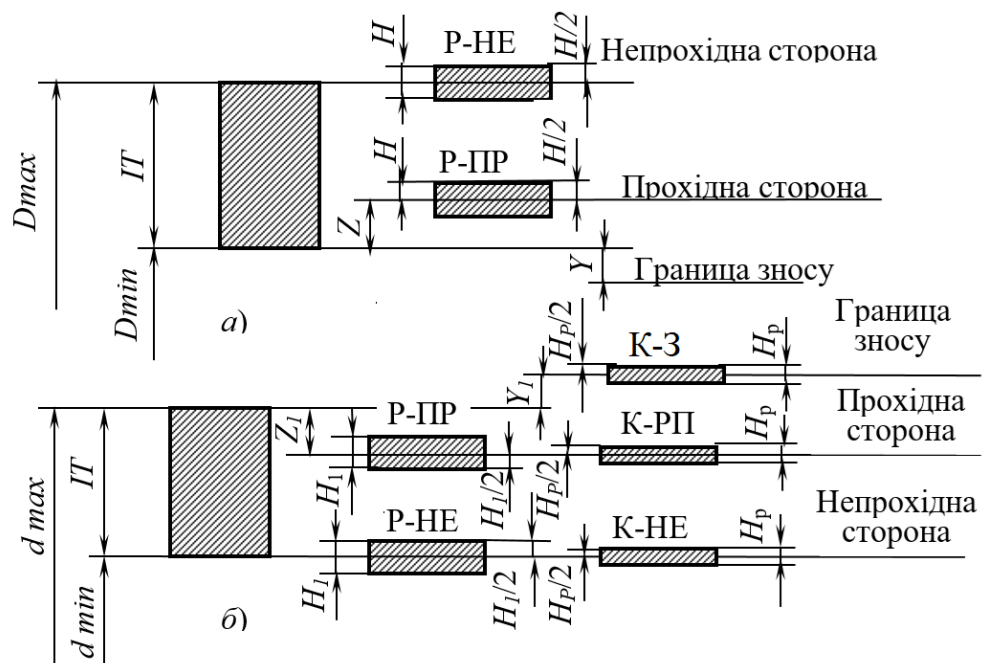


Рисунок 3.4 – Схема розташування полів допусків калібрів (до 180 мм): а) для отворів квалітетів 6, 7, 8; б) для валів квалітетів 6, 7, 8

Схема розташування полів допусків отворів 6, 7, 8 квалітетів, діаметрів до 180 мм, представлена на рис. 3.4, а. Р-НЕ калібри в процесі контролю деталі зношуються незначно, тому для них задається тільки поле допуску на виготовлення, яке розташоване

симетрично по відношенню відповідної границі поля допуску. Р-ПР калибри в процесі контролю деталі зношуються. Їх знос обмежується встановленням допустимої границі зносу (Y), а з метою збільшення терміну служби цих калибрів поле допуску на їх виготовлення зміщене всередину поля допуску деталі на величину Z .

Нові Р-ПР калибри звужують, а зношені розширюють табличне поле допуску деталі. Розширення поля допуску деталі на величину $H/2$ з одного боку і Y з іншого боку не спотворює характеру посадок.

Розрахунок розмірів калибрів виконується за такими формулами:

$$P-PP_{max} = D_{min} + Z + H/2;$$

$$P-PP_{min} = D_{min} + Z - H/2;$$

$$P-PP_{зн} = D_{min} - Y;$$

$$P-HE = D_{max} \pm H/2.$$

Як виконавчі розміри калибрів пробок беруть їх максимальні розміри, а допуск проставляється в мінус, тобто в матеріал калибру. Наприклад, для деталі $\varnothing 60H7^{(+0,030)}$ величини $H = 5$ мкм і $Z = 4$ мкм максимальний розмір Р-ПР калибру буде дорівнювати:

$$P-PP_{max} = D_{min} + Z + H/2 = 60 + 0,004 + 0,005/2 = 60,0065 \text{ мм},$$

а виконавчий розмір Р-ПР калибру на кресленні буде записаний $\varnothing 60,0065_{-0,005}$ (рис.3.5,а). Максимальний розмір Р-HE калибру буде дорівнювати:

$$P-HE = D_{max} \pm H/2 = 60,03 + 0,005/2 = 60,0325 \text{ мм},$$

а виконавчий розмір Р-НІ калибру на кресленні буде записаний $\varnothing 60,0325_{-0,005}$ (рис.3.5, б)

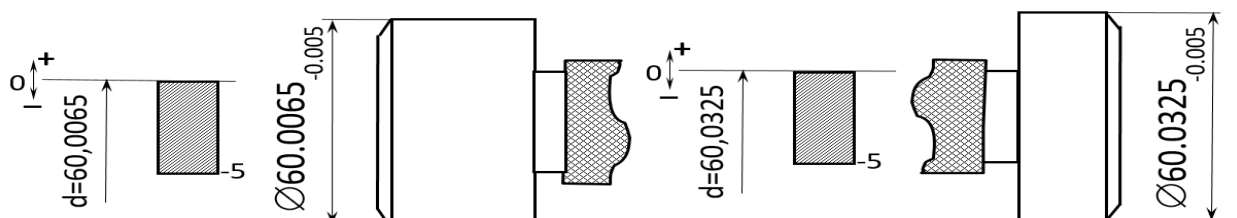


Рисунок 3.5 – Розрахунок виконавчих розмірів втулок калибру.

Схема розташування полів допусків калибрів для валів 7, 8 квалітетів діаметрів до 180 мм представлена на рис. 3.4, б. Поля допусків робочих калибрів аналогічні наведеним на схемі рис. 3.4, а. Контрольні калибри К-HE і К-РП є прохідними по відношенню до відповідних робочим сторонам калибру скоби (рис. 3.6, а і б). К-З не повинен проходити через Р-ПР сторону скоби (рис. 3.6, в).

Граничні розміри робочих та контрольних калибрів розраховують за формулами:

$$P-PP = d_{max} - Z_1 \pm H_1/2;$$

$$P-HE = d_{min} \pm H_1/2;$$

$$K-PP = d_{max} - Z_1 \pm H_p/2;$$

$$K-HE = d_{min} \pm H_p/2;$$

$$K-3 = d_{max} + Y \pm H_p/2.$$

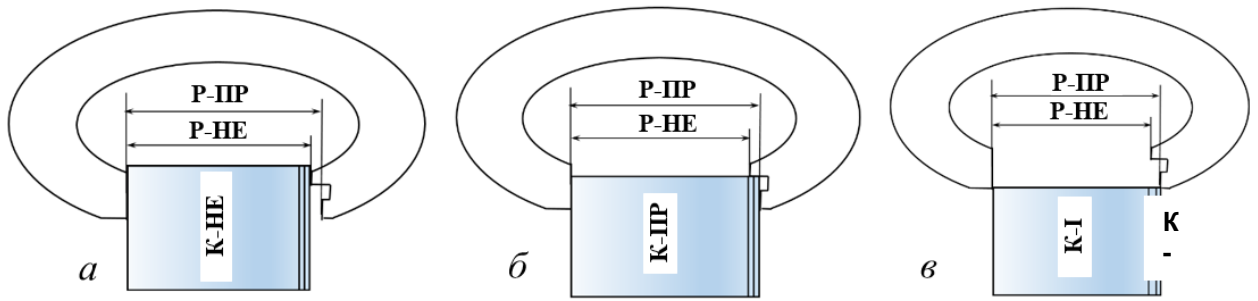


Рисунок 3.6 – Схема контролю робочих калібрів контрольними калібрами.

Як виконавчі розміри робочих калібрів-скоб беруть їх мінімальні розміри, а допуск на виготовлення проставляють в плюс, тобто в матеріал калібру-скоби.

Для $\varnothing 90u7 \left(\begin{smallmatrix} +0,117 \\ +0,087 \end{smallmatrix} \right)$ величини $H_1 = 5$ мкм; $Z_1 = 4$ мкм; $Y_1 = 3$ мкм, мінімальний розмір P-PP калібру буде дорівнювати:

$$P-PP_{min} = d_{max} - Z_1 - H_1/2 = 90,117 - 0,004 - 0,005/2 = 90,1105 \text{ мм},$$

а виконавчий розмір прохідної сторони калібр-скоби на кресленні буде записаний $60,1105^{+0,005}$ (рис.3.7,а). Мінімальний розмір P-HE калібру буде дорівнювати:

$$P-HE_{min} = d_{min} - H_1/2 = 90,087 - 0,005/2 = 90,0845 \text{ мм},$$

а виконавчий розмір непрохідної сторони калібр-скоби на кресленні буде записаний $60,0845^{+0,005}$ (рис.3.7, б).

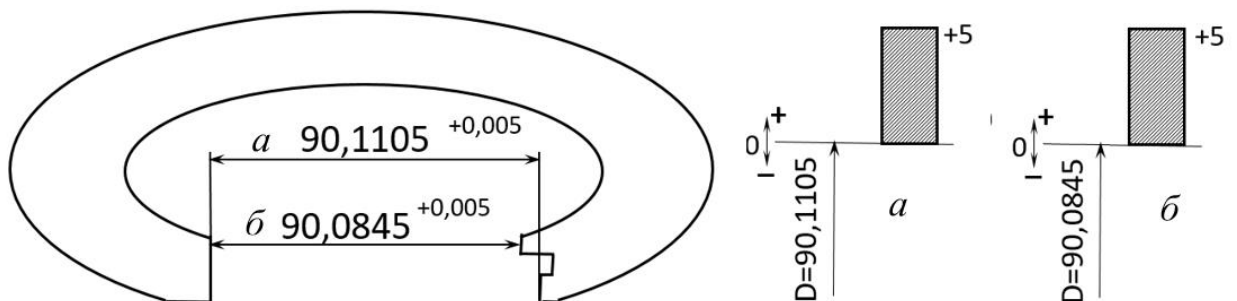


Рисунок 3.7 – Розрахунок виконавчих розмірів калібрів-скоб.

Схеми розташування полів допусків калібрів для 9-17 калібрів відрізняються від вищенаведених тим, що поля допусків на виготовлення і знос робочих калібрів повністю укладаються між границь поля допуску деталі. Наприклад, схема для отворів 9-17 квалітетів діаметрів до 180 мм буде мати вигляд, представлений на рис. 3.8, а. У схемах 9-17 квалітетів $Y = Y_1 = 0$.

Схеми для розмірів понад 180 мм відрізняються додатковим зменшенням з обох границь полів допусків деталей на величину α (для отворів і α_1 для валів. Ці величини введені для компенсації похибки контролю деталей великих розмірів. Наприклад, схема для отворів 6, 7, 8 квалітетів діаметрів понад 180 мм буде мати вигляд як на рис. 3.8, б.

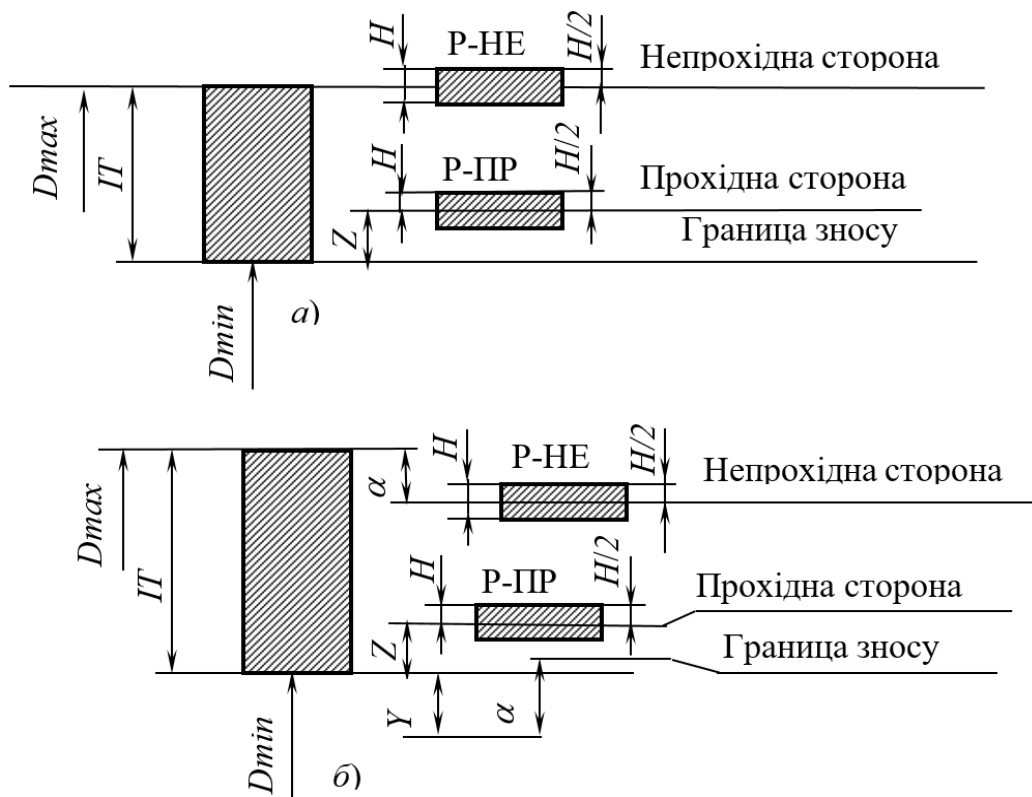


Рисунок 3.8 – Схема розташування полів допусків калібрів:
 а) для отворів до 180 мм, квалітетів 9 - 17;
 б) для отворів понад 180 мм, 6, 7, 8 квалітетів.

Під час проектування калібрів потрібно знати не тільки, як розрахувати їх розміри, але і яку форму повинна мати їх поверхня. У цьому нам допоможе **Принцип Тейлора**. Калібр Р-ПР повинен бути спроектований таким чином, щоб він контактував своєю поверхнею з усією поверхнею деталі, тоді як калібр Р-НЕ буде контактувати з контрольною деталлю на мінімальній поверхні.

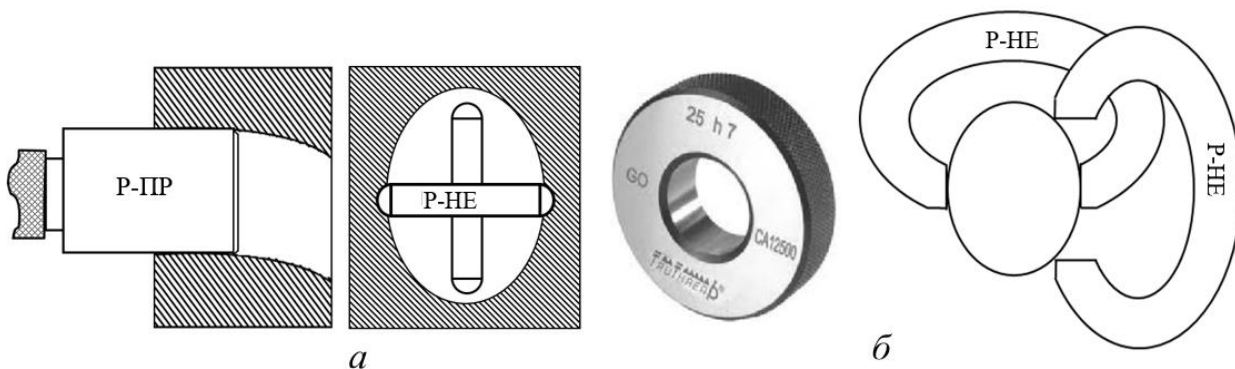


Рисунок 4.9 – Конструкція калібрів відповідно до принципу Тейлора.

Відповідно до Принципу Тейлора, довжина Р-ПР калібр-пробки повинна дорівнювати довжині отвору. Така конструкція дозволяє перевірити не тільки відхилення розміру, але і відхилення форми отвору. Р-НЕ калібр-пробка повинна контактувати з деталлю що перевіряють лише в точці. Отже, циліндричні стержні із закругленими кінцями слід використовувати як непрохідні калібр-пробки (рис. 4.9, а).

Відповідно до Принципу Тейлора, в якості Р-ПР калібрів-скоб треба використовувати кільця, а як Р-НЕ калібри-скоби треба використовувати односторонні калібри-скоби. Це дозволяє перевірити не тільки відхилення розміру, але і відхилення форми валу (рис. 4.9, б).

Питання для самоперевірки до сьомої лекції:

1. Для чого служать калібри?
 2. Як розрізняються конструкції калібрів?
 3. Як розрізняються калібри за призначенням?
 4. Як проконтролювати калібрами придатність деталі?
 5. Як розташовані поля допусків калібрів?
 6. Як розрахувати виконавчі розміри калібрів?
 7. Яка повинна бути конструкція калібрів відповідно до принципу Тейлора?
- Література для додаткового навчання:* [1, с.526 -536; 2, с.15-18].

Лекція 8

Мета лекції - ознайомитися з систематичними і випадковими похибками, законом їх розподілу і способом підсумовування, навчитися класифікувати розмірні ланцюги і ланки що входять до ланцюгів.

4 РОЗМІРНІ ЛАНЦЮГИ

4.1 Похибки виготовлення деталей

Практично всі похибки, що виникають при виготовленні і вимірюванні деталей, можна розділити на систематичні і випадкові.

Систематичними називаються похибки, постійні за величиною і знаку або змінюються в часі за певним законом. Перші називаються систематичними сталими, а другі – систематичними змінними.

Випадковими називають несталі постійні за величиною і знаку похибки, які виникають при виготовленні і вимірюванні деталей в залежності від ряду випадково діючих причин. Випадкові похибки проявляються в розсіюванні розмірів оброблених деталей навколо середини поля допуску.

У більшості випадків на похибки обробки деталей впливає велика кількість одночасно діючих факторів. Якщо ці фактори рівнозначні за впливом, то похибки обробки розподіляються за законом нормального розподілу (закону Гауса).

Теоретична крива, що характеризує закон нормального розподілу, асимптотичне наближається до осі x і за умови збігу центру групування похибок з початком системи координат визначається рівнянням:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

де: y – частота розподілу ймовірності $P(X)$; σ – середньоквадратичне відхилення величини x від середньоарифметичного значення. Середнє квадратичне відхилення при кількості деталей у вибірці більше 25 визначається формулою:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \frac{n_i}{N}}$$

Якщо розбити допуск деталі T на K інтервалів (рис. 4.1.), То в першому інтервалі може виявитися 1 деталь (кількість деталей відкладається вздовж осі y вгору) з розмірами від D_{min} до $D_{min} + (T/K)$. У другому інтервалі від $D_{min} + (T/K)$ до $D_{min} + (2 \cdot T/K)$ виявиться 2 деталі тощо.

У 1-му інтервалі виявиться n деталей. При досить великій партії деталей N , для i -го інтервалу відношення $n/N \approx P(X)$, тобто ймовірність появи деталі з розмірами від $D_{min} + ((i-1) \cdot T)/K$, до $D_{min} + (i \cdot T)/K$ в i -му інтервалі. Площа заштрихованої області під кривою визначає кількість деталей, які перебувають під кривою. Отже, кількість деталей в i -му інтервалі завжди більше, ніж в 1-м або в K -м інтервалах.

Із закону нормального розподілу можна зробити такі висновки:

1. Абсолютна більшість відхилень розмірів деталей групується близько середини поля допуску.

2. Кількість деталей, що мають мінімальні і максимальні розміри, завжди мінімально.

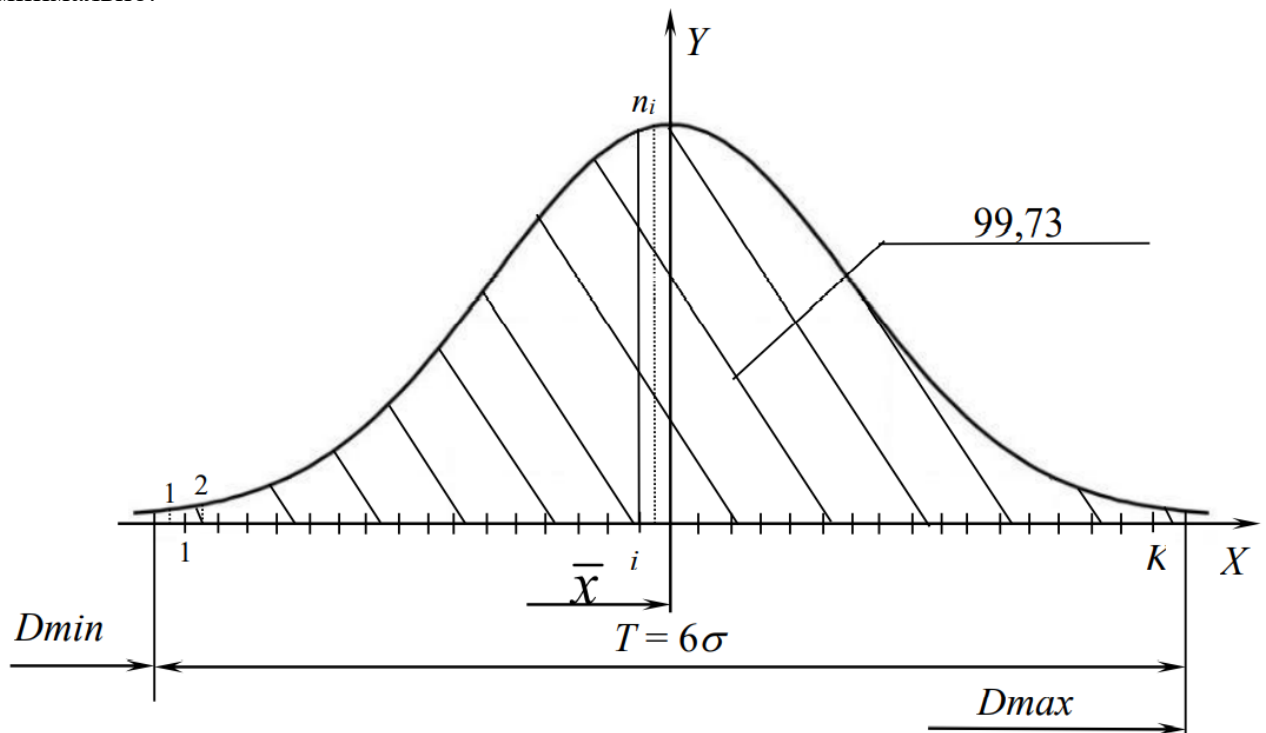


Рисунок 4.1 – Крива закону нормального розподілу (Гауса).

При аналізі точності в машинобудуванні використовують і інші закони розподілу похибок.

При визначенні точності вимірювання або обробки часто потрібно підсумовувати похибки.

1. Систематичні постійні похибки підсумовують алгебраїчно з урахуванням знаку.

2. Систематичні змінні похибки підсумовують за своїми граничними значеннями і з тим знаком, при якому сумарна похибка за своєю абсолютною величиною буде найбільшою.

Наприклад, під час процесу обробки діють похибки: $\Delta_1 = -25$ мкм; $\Delta_2 = +5$ мкм; $\Delta_3 = \pm 10$ мкм Сумарна похибка може дорівнювати: $\Delta_{\Sigma 1} = -25 + 5 + 10 = -15$ мкм або $\Delta_{\Sigma 2} = -25 + 5 - 10 = -30$ мкм Другий варіант по абсолютній величині більше, отже $\Delta_{\Sigma} = -30$ мкм.

Випадкові похибки підсумовують за формулою:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma^2 x_i}$$

4.2 Класифікація розмірних ланцюгів

Розмірний ланцюг це сукупність взаємопов'язаних розмірів (ланок), що утворюють замкнутий контур і визначають точність взаємного розташування осей і поверхонь однієї деталі щодо іншої або кількох деталей у вузлу або механізмі.

Приклад креслення деталі і подетального розмірного ланцюга представлено на рисунку 4.2. За кресленням однієї деталі, як правило, можна скласти кілька розмірних ланцюгів.

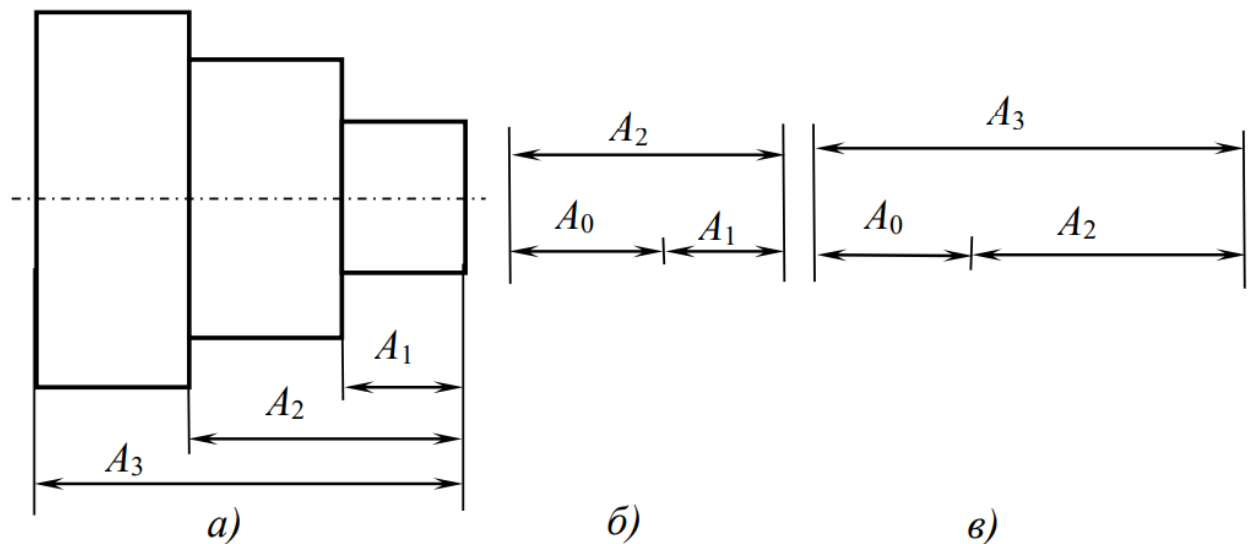
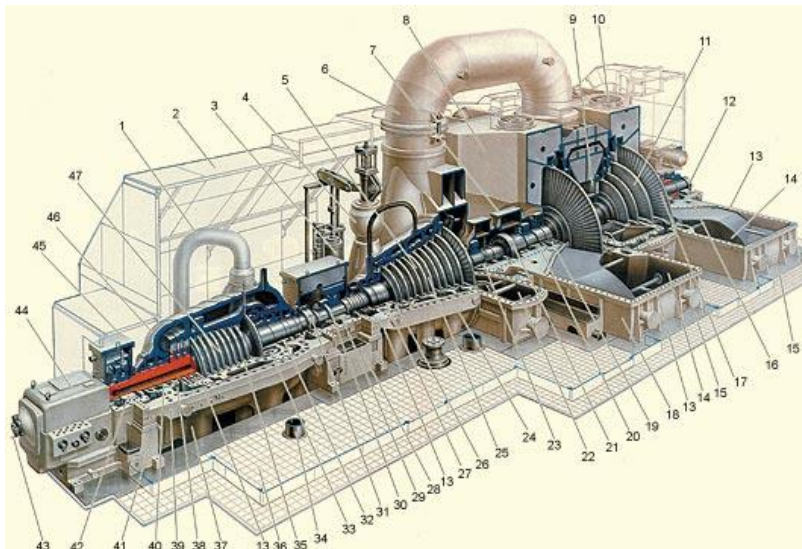


Рисунок 4.2 – Креслення деталі і відповідні їй розмірні ланцюги.

Для того, щоб скласти розмірний ланцюг, необхідно розглянути креслення (рис. 4.2, а). На рисунку зображено ступінчастий вал. Розміри вказані на кресленні так, що довжина першого ступеня валу відома (A_1), а довжини другої ступені та третьої ступені невідомі. Якщо ми визначимо невідомий розмір як A_0 , ми можемо скласти розмірний ланцюг для визначення довжини другої ступені (рис. 4.2, б). Тобто склав схему взаємопов'язаних розмірів, які визначають взаємне розташування поверхонь ми створимо замкнутий контур, який і є розмірним ланцюгом (рис. 4.2, б). Аналогічно ми можемо скласти розмірний ланцюг для визначення довжини третьої ступені (рис. 4.2, в). Рисунок



показує, що довжина третього ступеня дорівнює різниці розмірів A_3 і A_2 . Як правило, для однієї деталі або одного механізму можна намалювати кілька розмірних ланцюгів.

Можна сказати, що для визначення цього невідомого розміру розмірний ланцюг не потрібен. Це правда, але

Рисунок 4.3 – Схема парової турбіни.

уявіть, що треба визначити розміри корпусу турбіни, і треба знати чому дорівнює розмір 47-й деталі турбіни яка наведена на рисунку 4.3. Це неможливо зробити без розрахунку розмірних ланцюгів.

Розмірні ланцюги бувають:

- подетальними;
- складальними;
- конструкторськими;
- технологічними;
- вимірвальними.

По взаємному розташуванню ланок ланцюга поділяються на лінійні, плоскі і просторові.

Розмірний ланцюг називають лінійним, якщо всі його ланки (розміри) паралельні одна одній, отже, можуть проектуватися без спотворення величини на дві або кілька паралельних ліній.

Розмірний ланцюг називають плоским, якщо все або частина ланок якого не паралельні, але лежать в одній або декількох паралельних площинах.

Розмірний ланцюг називають просторовим, якщо все або частина ланок якого не паралельні і не лежать в паралельних площинах.

Плоскі та просторові розмірні ланцюги приводяться до лінійних ланцюгів шляхом введення тригонометричних передавальних функцій.

Ланки розмірних ланцюгів поділяють на складові і ланка A_0 , яка в залежності від задачі, яку розв'язують, називаються замикаючою або вихідною.

Вихідна ланка A_0 в складальних ланцюгах являє собою зазор, натяг або величину переміщення при регулюванні, тобто розмір, який безпосередньо визначає функціонування вузла.

Складові ланки поділяють на збільшуючі та зменшуючі.

Збільшуючими називаються ланки ланцюга, під час збільшення яких, ланка A_0 збільшується. Наприклад, ланки A_2 (рис. 4.2, б) і A_3 (рис. 4.2, в).

Зменшуючими називаються ланки ланцюга, під час збільшення яких, ланка A_0 зменшується. Наприклад, ланки A_1 (рис. 4.2, б) і A_2 (рис. 4.2, в).

Збільшуючі ланки позначають стрілкою над позначенням ланки, яка спрямована зліва направо (\vec{A}_2), зменшуючі ланки позначають стрілкою справа наліво (\overleftarrow{A}_2).

Наприклад, на рисунку 4.3 виділені всі збільшуючі та зменшуючі ланки. Для полегшення вирішення цього завдання доцільно користуватися **правилом обходу за контуром**. Правило являє собою алгоритм визначення приналежності складових ланок:

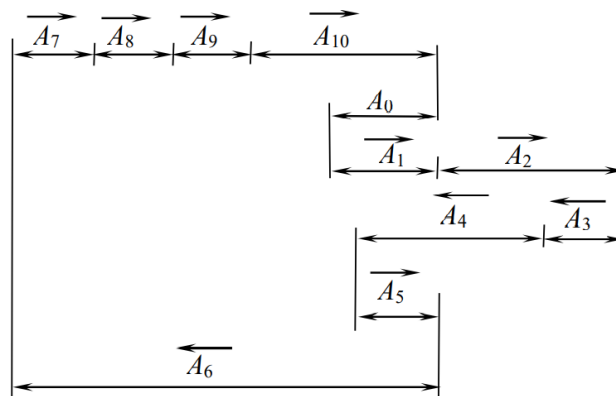


Рисунок 4.3 – Визначення належності складових ланок ланцюга.

1. Визначасмо приналежність будь-якої ланки, що примикає до ланки A_0 (в нашому прикладі на рисунку 4.3 це ланка A_{10} і вона збільшуюча).

2. Відповідно до приналежності ланки проставляємо над нею стрілку, для збільшуючих – зліва направо, для зменшуючих – справа наліво.

3. Обходимо розмірний ланцюг за контуром в напрямку стрілки, що проставлена над першою визначеною ланкою (ланка A_{10}) проставляючи за напрямом руху вздовж розмірного ланцюга стрілки над ланками ланцюга.

4. Після закінчення обходу стрілки над ланками покажуть їх належність. Наприклад, ланка A_6 (рис. 4.3.) зменшуючою.

Питання для самоперевірки до восьмої лекції:

1. Які похибки вимірювання і виготовлення деталей вам відомі?

2. Які висновки можна зробити з закону нормального розподілу похибок деталей?

3. Як підсумовують похибки виготовлення деталей?

4. Як класифікують розмірні ланцюги?

5. Що називають розмірним ланцюгом?

6. Як визначити збільшуючи або зменшуючи ланки в розмірному ланцюгу?

Література для додаткового навчання: [1, с.409-419; 2, с.18-22].

Лекція 9

Мета лекції - навчитися розраховувати розмірні ланцюги методами граничного і ймовірного підсумовування способом рівного допуску і способом одного квалітету.

4.3 Задачі, що вирішують під час розрахунку розмірних ланцюгів

При розрахунку розмірних ланцюгів вирішуються перевірна (пряма) і проектна (зворотна) задачі.

При вирішенні **перевірної задачі** визначають номінальний і граничні розміри ланки A_0 за відомими номінальними і граничними розмірами складових ланок. В цьому випадку ланку A_0 **називають замикаючою**.

При вирішенні **проектної задачі** визначають допуски і граничні відхилення складових ланок за відомими номінальними розмірами всіх ланок ланцюга і граничними розмірами ланки A_0 . У цьому випадку ланка A_0 **називають вихідною**. Правильність рішення зворотної задачі визначається шляхом рішення прямої задачі.

Завдання можуть вирішуватися методом граничного підсумовування і методом ймовірного підсумовування.

В основу **методу граничного підсумовування** (максимуму і мінімуму) покладено граничний випадок, коли в один розмірний ланцюг (в один вузол) випадковим чином при складанні потрапляють максимальні збільшуючі і мінімальні зменшуючі ланки або їх зворотне поєднання. Метод забезпечує повну взаємозамінність деталей. Рекомендується використання методу при наявності в ланцюгу не більше 5 складових ланок. Основні залежності методу одержимо на підставі прикладу.

На рисунку 4.4, *а* представлено креслення вузла, обов'язковою умовою функціонування якого є наявність зазору між торцем валу і торцем втулки підшипника кочення. Позначимо величину зазору через A_0 , а інші розміри деталей, що входять в вузол, через $A_1 - A_5$. Тоді схема розмірного ланцюга буде мати вигляд, як це представлено на рисунку 4.4, *б*.

Для рішення перевірної задачі мають бути відомі граничні і номінальні розміри ланок $A_1 - A_5$. Номінальний розмір останньої ланки буде дорівнювати $A_0 = (A_1 + A_2) - (A_3 + A_4 + A_5)$. Узагальнюючи цей вираз, з урахуванням того, що ланки $A_1 + A_2$ – збільшуючі, а ланки $A_3 + A_4 + A_5$ – зменшуючі, дістанемо:

$$A_0 = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ зб}} - \sum_{i=1}^m A_{i \text{ зм}} \quad (4.1)$$

де: n – кількість збільшуючих ланок у ланцюзі; m – кількість зменшуючих ланок. Зазор в вузлу буде максимальним при максимальних розмірах корпусних деталей і мінімальних розмірах всіх інших розмірів, тобто:

$$A_{0 \text{ max}} = (A_{1 \text{ max}} + A_{2 \text{ max}}) - (A_{3 \text{ min}} + A_{4 \text{ min}} + A_{5 \text{ min}})$$

Узагальнюючи цей вираз, отримуємо:

$$A_{0 \text{ max}} = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ зб. max}} - \sum_{i=1}^m A_{i \text{ зм. min}} \quad (4.2)$$

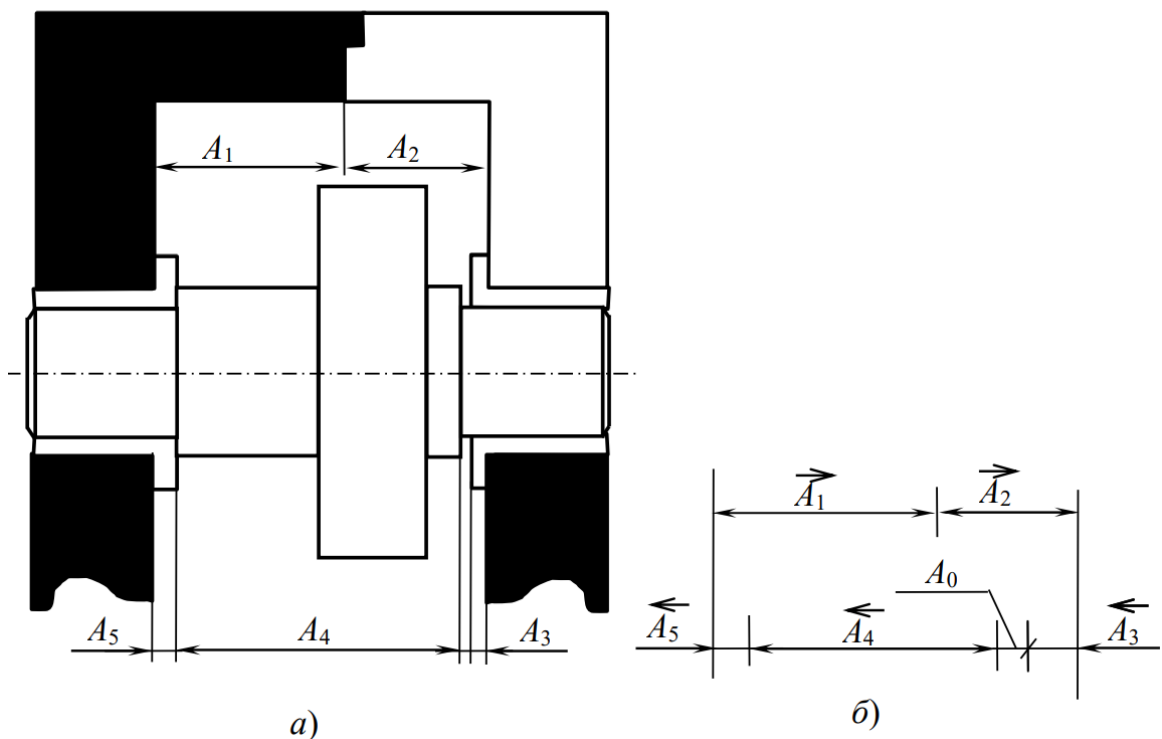


Рисунок 4.4 – Вузол і відповідний йому розмірний ланцюг.

З аналізу креслення вузла можна записати:

$$A_{0 \text{ min}} = (A_{1 \text{ min}} + A_{2 \text{ min}}) - (A_{3 \text{ max}} + A_{4 \text{ max}} + A_{5 \text{ max}}) \text{ або}$$

$$A_{0 \text{ min}} = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ зб. min}} - \sum_{i=1}^m A_{i \text{ зм. max}} \quad (4.3)$$

Відніmemo з виразу (4.2) почлено вираз (4.3), дістанемо:

$$A_{0 \text{ max}} - A_{0 \text{ min}} = \left(\sum_{i=1}^n A_{i \text{ зб. max}} - \sum_{i=1}^n A_{i \text{ зб. min}} \right) - \left(\sum_{i=1}^m A_{i \text{ зм. min}} - \sum_{i=1}^m A_{i \text{ зм. max}} \right), \text{ або}$$

$$TA_0 = \sum_{i=1}^n TA_{i \text{ зб}} + \sum_{i=1}^m TA_{i \text{ зм}} = \sum_{i=1}^{n+m} TA_i \quad (4.4)$$

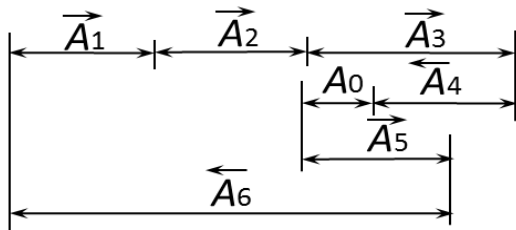
Віднімаючи почлено з виразу (4.2) і (4.3) вираз (4.1), з дістанемо:

$$ESA_0 = \sum_{i=1}^n ESA_{i \text{ зб}} - \sum_{i=1}^m EIA_{i \text{ зм}} \quad (4.5)$$

$$EIA_0 = \sum_{i=1}^m EIA_{i \text{ зб}} - \sum_{i=1}^n ESA_{i \text{ зм}} \quad (4.6)$$

Формулу 4.5 використовують для розрахунку верхнього відхилення замикаючої ланки A_0 . Формула 4.6 використовують для розрахунку нижчого відхилення замикаючої ланки A_0 .

Щоб краще зрозуміти тему, вирішимо задачу. Є розмірний ланцюг і відомі розміри всіх складових ланок (рис. 5.5). Необхідно розрахувати номінальний розмір і граничні відхилення замикаючої ланки A_0 .



$$A_1 = 14_{-0,03}^{+0,01} \quad A_2 = 16_{+0,01}^{+0,02}$$

$$A_3 = 22_{-0,02}^{+0,03} \quad A_4 = 17_{-0,05}^{-0,02}$$

$$A_5 = 20_{-0,04}^{-0,01} \quad A_6 = 45_{+0,01}^{+0,04}$$

Рисунок 4.5 – Приклад розмірного ланцюга.

Перед рішенням задачі необхідно визначити належність складових ланок. Ми використовуємо правило обходу за контуром. Визначимо належність будь-якої ланки, яка знаходиться поруч із ланкою A_0 . У нашому прикладі це ланка A_4 або ланка A_5 . Ми можемо почати з будь-якої з цих двох ланок, результат буде однаковим. Почнемо з ланки A_4 . Уявімо, що ланка A_4 збільшується, тоді ланка A_0 зменшиться, і це означає, що ланка A_4 є зменшуючою. Поставимо стрілку над ланкою, яка спрямована справа наліво. (рис. 4.5).

У нашому прикладі стрілка над першою визначеною ланкою вказує напрямок руху за контуром справа наліво до ланки A_5 . Тому над ланкою A_5 ставимо стрілку відповідно до напрямку руху зліва направо. І так далі, будемо

рухатись за напрямком руху і розміщувати стрілки над складовими ланками, поки не дійдемо до останньої ланки A_3 . Так ми визначимо належність усіх складових ланок, тепер можна робити розрахунки.

У формулу (4.1) підставимо числові значення номінальних розмірів складових ланок. Значення номінального розміру першої збільшуючої складової ланки дорівнює 14 мм. Знайдемо значення всіх номінальних розмірів збільшуючих ланок. Це будуть послання A_2 , A_3 та A_5 . Потім знайдемо значення всіх номінальних розмірів зменшуючих ланок. Це будуть ланки A_4 та A_6 . Отримаємо, що номінальний розмір замикаючої ланки дорівнює 10 мм:

$$A_0 = (14 + 16 + 22 + 20) - (17 + 45) = 10 \text{ мм.}$$

Ми можемо вирішити задачу двома способами.

Перший спосіб має таку послідовність дій:

- 1) Обчислюємо максимальний та мінімальний розміри складових ланок.
- 2) Обчислюємо максимальний та мінімальний розміри замикаючої ланки A_0 , що закриває.

3) Обчислюємо верхнє та нижнє відхилення замикаючої ланки A_0 . Для цього віднімїть номінальний розмір від максимального та мінімального розмірів замикаючої ланки.

4) Обчислюємо величину допуску замикаючої ланки TA_0 . Для чого з максимального розміру замикаючої ланки віднімаємо мінімальний розмір замикаючої ланки.

Другий спосіб має таку послідовність дій:

1) Обчислюємо верхнє і нижнє відхилення замикаючої ланки (формули 4.5 та 4.6).

2) Обчислюємо величину допуску замикаючої ланки TA_0 за формулою 4.4.

Другий спосіб в два рази коротше першого, тому скористаємося саме їм.

Обчислимо верхнє відхилення замикаючої ланки A_0 . Вставимо у формулу (4.5) числові значення верхніх відхилень збільшуючих ланок та значення нижчих відхилень зменшуючих ланок. Граничні відхилення на кресленнях наведені в міліметрах, але в розрахунках і нормативах вони наведені в мікрометрах. Для того, щоб міліметри перевести в мікрометри, числове значення в міліметрах потрібно помножити на тисячу. Отримуємо, що верхнє відхилення замикаючої ланки A_0 дорівнює +90 мкм:

$$ESA_0 = (10 + 20 + 30 - 10) - (-50 + 10) = 90 \text{ мкм.}$$

Обчислимо нижнє відхилення замикаючої ланки A_0 . Вставимо у формулу (4.6) числові значення нижчих відхилень збільшуючих складових ланок та числові значення верхніх відхилень зменшуючих складових ланок. Отримуємо, що нижнє відхилення замикаючої ланки A_0 дорівнює -100 мкм:

$$EIA_0 = (-30 + 10 - 20 - 40) - (-20 + 40) = -100 \text{ мкм.}$$

Підсумуйте за формулою 4.4 допуски всіх складових ланок і отримуємо, що величина допуску замикаючої ланки TA_0 дорівнює 190 мкм:

$$TA_0 = (40 + 10 + 50 + 30 + 30 + 30) = 190 \text{ мкм.}$$

Для перевірки рішення задачі розрахуємо допуск замикаючої ланки TA_0 . Для чого потрібно від верхнього відхилення замикаючої ланки відняти нижнє відхилення замикаючої ланки. Отримуємо, що розмір допуску замикаючої ланки дорівнює 190 мкм:

$$TA_0 = ESA_0 - EIA_0 = 90 - (-100) = 190 \text{ мкм.}$$

Так як величина допуску замикаючої ланки в обох випадках однакова, то задача вирішена вірно.

Для завершення вирішення задачі проставимо на кресленні розмір замикаючої ланки:

$$A_0 = 10^{+0,09}_{-0,1}$$

Для рішення проектної задачі мають бути відомі номінальні розміри всіх ланок і граничні відхилення або розміри ланки A_0 . Тоді допуск ланки A_0 розподіляється між складовими ланками одним з нижченаведених способів.

Спосіб однакових допусків. При цьому способі умовно вважають, що все допуски складових ланок однакові між собою. Спосіб можна застосовувати тільки в разі знаходження розмірів складових ланок в одному чи двох сусідніх інтервалах. Тоді допуск будь-якої складової ланки дорівнює:

$$TA_i = \frac{TA_0}{n+m}$$

Після визначення TA_i проставляють граничні відхилення ланок і виконують перевірку правильності їхнього визначення. Перевірку виконують шляхом рішення перевіркової задачі.

Спосіб допусків одного квалітету передбачає, що квалітет всіх складових ланок розмірного ланцюга однаковий. Для будь-якого квалітету: $T = i \cdot a$, де одиниця допуску дорівнює $i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{A} + 0,001 \cdot A$.

$$\text{Відомо також, що } A_0 = \sum_{i=1}^{n+m} TA_i \text{ тоді } TA_0 = \sum_{i=1}^{n+m} i_i \cdot a_i.$$

Оскільки всі ланки мають однакову точність (один квалітет), то у кожній ланки коефіцієнти точності будуть однакові, тобто $a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_i = a_{\text{сер}}$.

Звідси дістанемо:

$$TA_0 = \sum_{i=1}^{n+m} i_i \cdot a_{\text{сер}} = a_{\text{сер}} \sum_{i=1}^{n+m} i_i$$

та остаточно:

$$a_{\text{сер}} = \frac{TA_0}{\sum_{i=1}^{n+m} i_i} \quad (4.7)$$

Визначивши середню кількість одиниць допуску $a_{\text{сер}}$, з таблиці 2.1. знайдемо значення найближчого квалітету та, знаючи квалітет, призначимо допуски на складові ланки. Зазвичай допуски призначаються виходячи з двох сусідніх квалітетів так, щоб сума допусків наближалася до A_0 , але не перевищувала б цю величину. Потім проставляють граничні відхилення і за формулами (4.5) і (4.6) перевіряють правильність їхнього вибору. Коли граничні відхилення, що розраховані за формулами (4.5) і (4.6), не перебувають в границях вихідного поля допуску A_0 , виконують корекцію розташування граничних відхилень складових ланок і повторюють перевірконий розрахунок. Допуски охоплюючих поверхонь призначають виходячи з основному отвору, а охоплюючих – виходячи з основному валу; в випадку невизначеності – симетрично.

При розрахунку ланцюгів методом граничного підсумовування передбачається, що в процесі складання можливе одночасне поєднання максимальних збільшують і мінімальних зменшують ланок. Таке припущення малоімовірне з двох причин:

1. Більшість розмірів групується навколо середини поля допуску.
2. Зі збільшенням кількості ланок падає ймовірність попадання в один ланцюг ланок з граничними розмірами. Тому при кількості ланок більше 5 з'являється можливість значно розширити поля допусків складових ланок при одному і тому ж заданому допуску замикаючої ланки.

Використовуючи граничні теореми теорії ймовірності, можна записати:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum \sigma_i^2}$$

припустимо, що похибки складових ланок і ланки A_0 підлягають закону нормального розподілу, а границі полів допусків збігаються з полем розсіювання розмірів 6σ , тоді $TA_i = 6\sigma A_i$ і $TA_0 = 6\sigma A_0$ або $\sigma A_i = \frac{1}{6TA_i} i \sigma A_0 = \frac{1}{6TA_0}$.

Порівнюючи $\sigma_{\Sigma} = \sigma A_0$ і $\sigma_i = \sigma A_i$ дістанемо:

$$\sigma A_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma A_i^2}, \quad \text{або} \quad \frac{1}{6} T A_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^{n+m} \left(\frac{1}{6 T A_i}\right)^2}$$

І остаточно:

$$T A_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^{n+m} T A_i^2} \quad (4.8)$$

Ця формула справедлива лише для закону нормального розподілу і відсотку ризику 0,27 %.

Тому що під час ймовірнісному методі розрахунку допуски складових ланок розширюються, то їх сума виявиться більше допуску вихідної ланки A_0 . Ця обставина не дозволяє застосувати в перевірочному розрахунку відомі формули (4.2) – (4.6). Тому після визначення величини A_0 . (формула 4.8) знаходять середину поля допуску замикаючої ланки A_0 :

$$E_{\text{сеп}} A_0 = \sum_{i=1}^n E_{\text{сеп}} A_{i\text{зб}} - \sum_{i=1}^m E_{\text{сеп}} A_{i\text{зм}}. \quad (4.9)$$

Знаючи величину допуску замикаючої ланки (4.8) і його середину (4.9), знайдемо граничні відхилення замикаючої ланки A_0 :

$$\begin{aligned} ESA_0 &= E_{\text{сеп}} A_0 + \frac{T A_0}{2}, \\ EIA_0 &= E_{\text{сеп}} A_0 - \frac{T A_0}{2}. \end{aligned} \quad (4.10)$$

Під час рішення проектної задачі способом допусків одного квалітету середнє число одиниць допуску визначається за формулою:

$$a_{\text{сеп}} = \frac{T A_0}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n+m} t_i^2}}$$

Подальший розрахунок аналогічний методу граничного підсумовування, але перевірки проводяться за формулами (4.8) - (4.10).

Питання для самоперевірки до дев'ятої лекції:

1. Які задачі вирішують при розрахунку розмірних ланцюгів?
2. Як вирішують розмірні ланцюги методом граничного підсумовування?
3. В чому суть способу рівних допусків?
4. В чому суть способу одного квалітету?

Література для додаткового навчання: [1, с.409-419; 2, с.22-25].

Лекція 10

Мета лекції - ознайомитися з методом групової взаємозамінності і методом компенсації похибок.

4.4 Метод групової взаємозамінності (селективне складання)

Метод **групової взаємозамінності** зазвичай застосовується при складанні двох деталей, коли розрахункова точність їх розмірів буде вищою точності технологічного

обладнання. Суть методу полягає у виготовленні деталей з розширеними, технологічно легко здійсненими допусками, розподілом виготовлених деталей на групи з необхідними груповими допусками і наступною збіркою деталей після їх комплектації за однаковими групами (рис. 4.5).

Давайте вивчимо суть методу більш докладніше. Припустимо, що ми маємо зазор S .

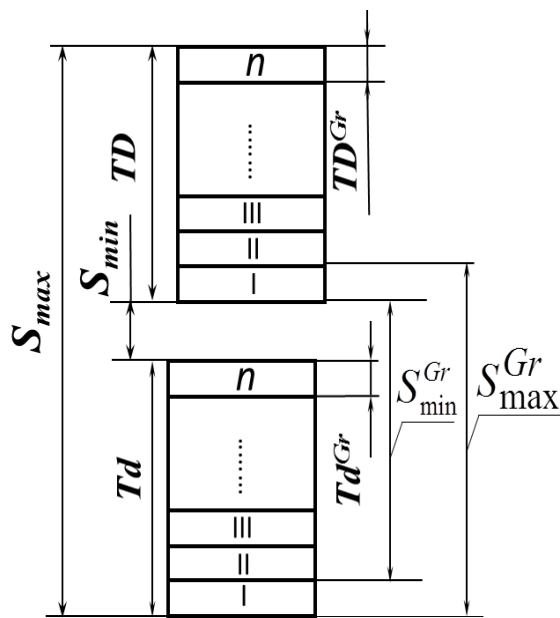


Рисунок 4.5 – Схема поділу поля допуску деталі на групи.

Відомо, що поле допуску отвору на кресленні вказується як TD , поле допуску валу на кресленні – Td . На рисунку також позначено мінімальний та максимальний зазори посадки S_{min} та S_{max} . У цьому випадку точність з'єднання визначатиметься допуском посадки TS і буде дорівнює $S_{max} - S_{min}$. Припустимо, що в результаті розрахунку необхідна точність з'єднання потрібна в n разів менше, ніж передбачена деталями, що оброблялися на існуючих металорізальних верстатах. Для отримання необхідної точності з'єднання необхідно зменшити розміри допусків TD і Td в n разів. Звичайно, ви можете придбати два нових більш точних верстати для різання металів, але це дуже дорого. Набагато дешевше придбати дві сортувальні машини. Наприклад, як ця сортувальна машина, яка показана на рисунку 4.6. Ця сортувальна машина може бути

налаштована на сортування деталей за десятьма групами.

У першій групі сортування будуть деталі з розмірами від D_{min} до $D_{min} + TD^{GR}$ для отворів та з розмірами від d_{min} до $d_{min} + Td^{GR}$ для валів (рис. 4.5). Отже, нижнє відхилення деталей з отвором буде дорівнювати D_{min} , а верхнє відхилення буде дорівнювати $D_{min} + TD^{GR}$, нижнє відхилення валів буде дорівнювати d_{min} , а верхнє відхилення дорівнюватиме $d_{min} + Td^{GR}$. Тут TD^{GR} величина групового допуску отвору і він дорівнює розміру допуску отвору розділеному на кількість селективних груп n , а Td^{GR} – розмір групового допуску валу і він дорівнює допуску валу поділеному на кількість селективних груп n .

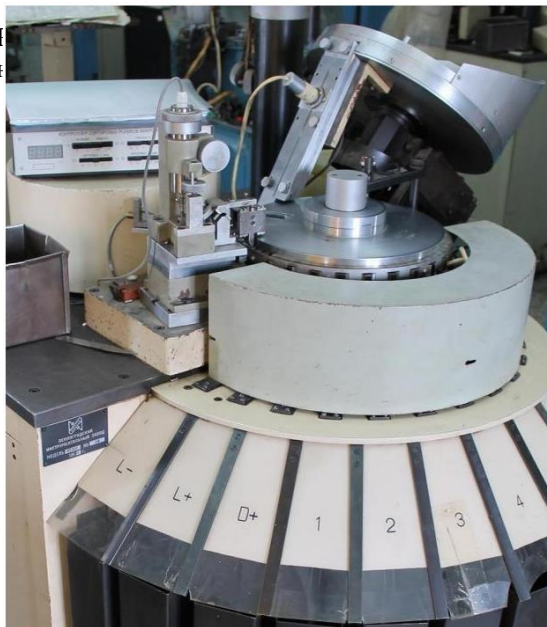


Рисунок 4.6 – Сортувальна машина.

$$TD^{GR} = \frac{TD}{n}, \quad Td^{GR} = \frac{Td}{n}.$$

Нижнє відхилення деталей з отвором у другій групі сортування буде дорівнювати $D_{min} + TD^{GR}$, а верхнє відхилення буде дорівнювати $D_{min} + 2 \cdot TD^{GR}$, в свою чергу, нижнє відхилення валів у другій групі сортування буде дорівнювати $d_{min} + Td^{GR}$, а верхнє відхилення буде дорівнює $d_{min} + 2 \cdot Td^{GR}$.

Нижнє відхилення деталей з отвором у третій групі сортування буде дорівнює $D_{min} + 2 \cdot TD^{GR}$, а верхнє відхилення буде дорівнювати $D_{min} + 3 \cdot TD^{GR}$, нижнє відхилення валів буде дорівнює до $d_{min} + 2 \cdot Td^{GR}$, а верхнє відхилення буде дорівнює $d_{min} + 3 \cdot Td^{GR}$. І так далі. Схема показує, що зі збільшенням кількості груп сортування розмір групового допуску зменшується і, отже, точність деталей зростає. Селективне складання доцільно використовувати за умови $TD = Td$, оскільки, якщо ці значення не рівні, тоді граничні розміри деталі під час переходу від однієї групи сортування до іншої будуть змінюватися, внаслідок чого також будуть змінюватися групові зазори S_{max}^{Gr} та S_{min}^{Gr} та характер з'єднання також буде змінюватися.

При селективної збірці максимальні зазори і натяги зменшуються, а мінімальні збільшуються та наближаються з ростом числа груп сортування n (рис. 4.5.) до середніх своїм значенням, що робить з'єднання більш надійним і довговічним. У перехідних посадках зазори і натяг прагнуть до середин полів допусків. Чому більше груп сортування n , тим менше допуск групової посадки.

На виробництві селективне складання виконують наступним чином. Поряд із сортувальною машиною робітник ставить спеціальні ящики для кожної селективної групи окремо. На кожному ящику яскравим кольором зображений номер селективної групи. Після закінчення сортування деталі в ящиках переміщуються до складального цеху. На початку будуть брати деталі з ящиків із першим номером селективної групи. Потім працівники беруть деталі лише з ящиків з другим номером селективної групи. І так далі.

Щоб зрозуміти важливість селективного складання, слід згадати таку коротеньку історію про події в Києві 1914 року. Відомий авіаконструктор Ігор Сікорський побудував чотири моторний літак Ілля Муромець (рис. 4.7). Але літак мав підшипники ковзання в двигунах, які дуже нагрівалися під час польоту, і тому час у повітрі був обмежений. З метою зменшення тертя і, як результат, зменшення нагрівання двигунів, Сікорський вирішив вставити в двигуни підшипники кочення. Але на придбання 8 підшипників кочення Сікорському не вистачило грошей, тому він вирішив взяти позику в банку на вартість свого будинку та маєтку під Києвом. Такий будинок сто десять років тому можна було обміняти на 8 підшипників кочення. Чому підшипники кочення були такими дорогими? Тому що кожна куля підшипника кочення була виготовлена вручну з точністю, яка дорівнює одному мікрометру. Виготовлення такого підшипника займало багато часу, тому вони були такими дорогими. Використання селективного складання зменшило час праці та вартість підшипників кочення в кілька тисяч разів.



Рисунок 4.7 – Чотиримоторний літак Ілля Муромець.

4.5 Метод компенсації

Метод компенсації включає до себе **спосіб регулювання** і **спосіб припасування**.

Суть способу регулювання полягає в досягненні заданої точності вихідної ланки A_0 зміною або регулюванням величини однієї з задалегідь вибраних складових ланок, яке називається компенсуючою або компенсатором.

Роль компенсатора зазвичай виконують ланки у вигляді набору каліброваних прокладок, регульованих упорів, регульованих клинів тощо (рис. 4.8). При цьому всі інші ланки виконуються з розширеними допусками, прийнятними для даних виробничих умов, тобто $\sum_{i=1}^{n+m} TA_i > TA_0$. Якщо величину варіювання компенсатора позначити VK , то його величина дорівнює $VK \geq \sum_{i=1}^{n+m} TA_i - TA_0$. Номінальний розмір компенсатора розраховується з виразу:

$$A_0 = \sum_{i=1}^n A_{i\text{зб}} - \sum_{i=1}^m A_{i\text{зм}} \pm K,$$

де: K – номінальний розмір компенсатора (береться з плюсом, якщо K – збільшувача ланка і з мінусом, якщо K – зменшувача ланка ланцюга).

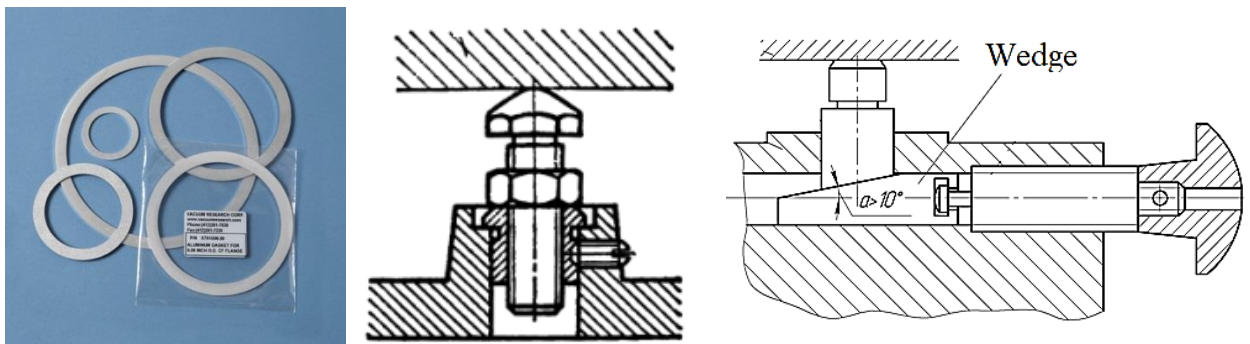


Рисунок 4.8 – Компенсатори: а – набір каліброваних прокладок; б – регульована опора; с – додаткова регульована опора з клином.

Сутність **методу припасування** полягає в досягненні запропонованої точності ланки A_0 додатковою обробкою під час складання однієї з задалегідь визначених складових ланок, яка називається **технологічним компенсатором**. Технологічними компенсаторами зазвичай служать ланки, які мають найбільш просту форму і дозволяють легко виконувати припасування найбільш поширеними технологічними операціями (точінням рис.4.9, а, фрезеруванням рис.4.9, б, шліфуванням рис.4.9, в, шабруванням рис.4.9, г).

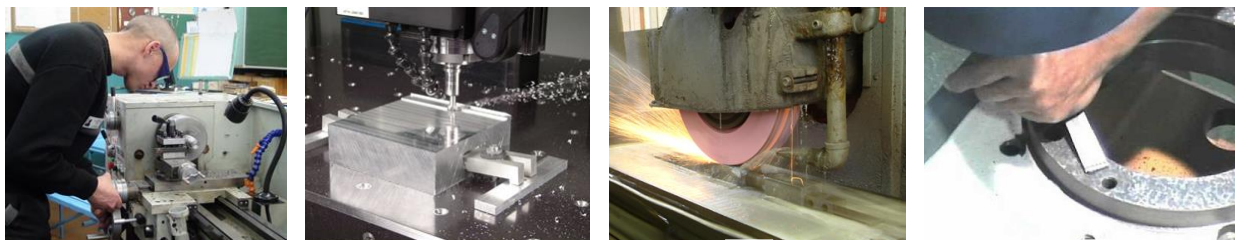


Рисунок 4.8 – Найбільш поширені технологічні операції: а – точіння; б – фрезерування; в – шліфування; г – шабрування.

Як технологічний компенсатор слід обрати деталь, яка знімається з виробу з

мінімальним ступенем його розбирання.

Величина номінального розміру і допуску технологічного компенсатора визначаються за тими ж формулами, що і регульованого компенсатора.

Спосіб пригонки доцільно застосовувати тільки в індивідуальному та дрібносерійному виробництвах, коли інші методи забезпечення взаємозамінності застосовувати економічно не вигідно.

Головне достоїнство методу компенсації це можливість отримання високої точності вихідної ланки A_0 при зниженій точності всіх складових ланок. До недоліків методу відноситься порушення принципу повної взаємозамінності, що різко збільшує трудомісткість складання.

Питання для самоперевірки до десятої лекції:

1. У чому суть методу групової взаємозамінності?
2. У чому суть методу компенсації похибок?
3. Як розрахувати номінальний розмір компенсатора?
4. Як розрахувати величину варіювання компенсатором?

Література для додаткового навчання: [1, с.413-419; 2, с.26].

Лекція 11

Мета лекції - ознайомитися з видами відхилень форми і розташування поверхонь.

5 ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ЗА ФОРМОЮ ТА РОЗТАШУВАННЯМ ПОВЕРХОНЬ

5.1 Відхилення форми поверхонь

Відхилення форми – це відхилення форми реальної поверхні (рис. 5.1), яка обмежує тіло деталі від форми номінальної поверхні, яка задана кресленням. Відхилення форми розглядають також стосовно до профілю поверхні. У якості величини відхилення форми приймають найбільшу відстань за нормаллю від точок дійсної поверхні або профілю до прилеглої номінальної поверхні або профілю.

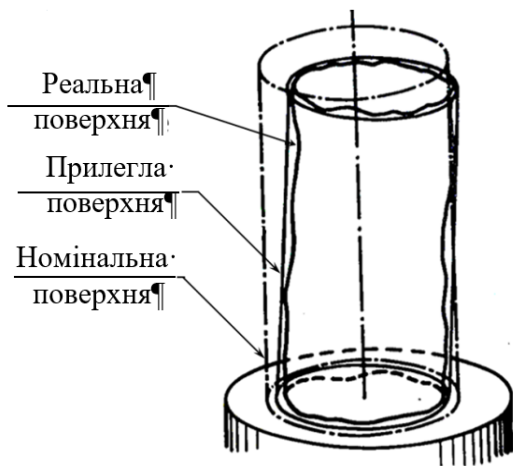


Рисунок 5.1 – Відхилення форми.

Прилегла поверхня (рис. 5.1) (**профіль**) є номінальна поверхня (профіль), що стикається з реальною поверхнею так, що відхилення від неї (нього) найвіддаленішої точки реальної поверхні (профілю) в межах нормованої ділянки мінімальне.

Для нормування відхилень форми застосовують диференційовані і комплексні показники. При розгляданні відхилень форми шорсткість та хвилястість поверхні не враховується.

Комплексним показником відхилень форми циліндричних деталей в поперечному перерізі є **відхилення від круглості** Δ (рис. 5.2, а). Диференційованими показниками є **овальність** Δ (рис.5.2, б) і **огранка** Δ (рис. 5.2, в).



Рисунок 5.2 – Відхилення форми в поперечному перерізі.

Комплексним показником відхилень форми циліндричних деталей в поздовжньому перерізі є **відхилення профілю поздовжнього перерізу** (рис. 5.3, а).

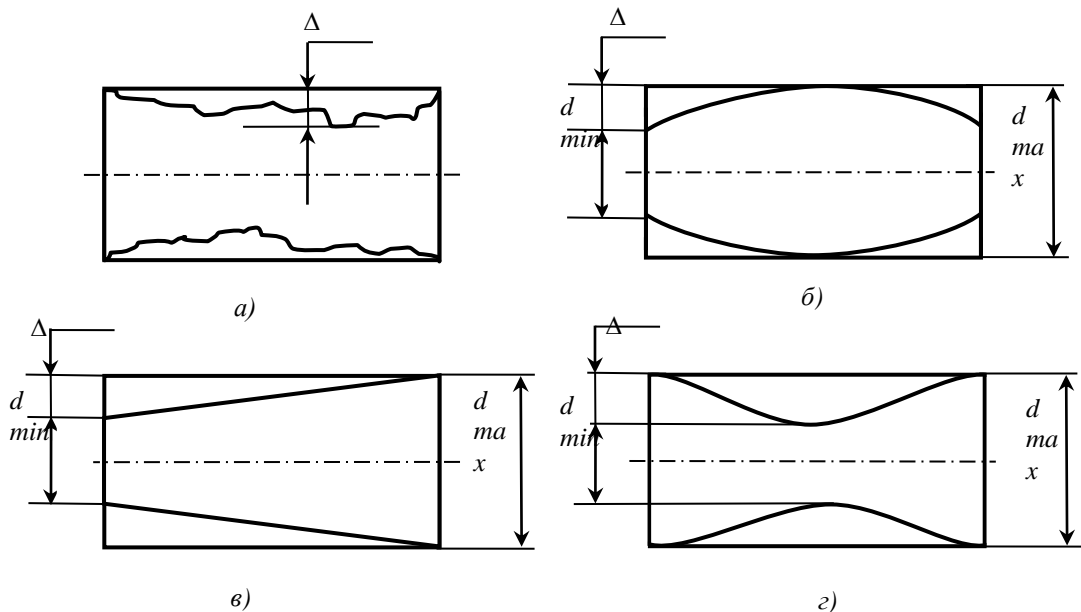


Рисунок 5.3 – Відхилення форми в поздовжньому перерізі.

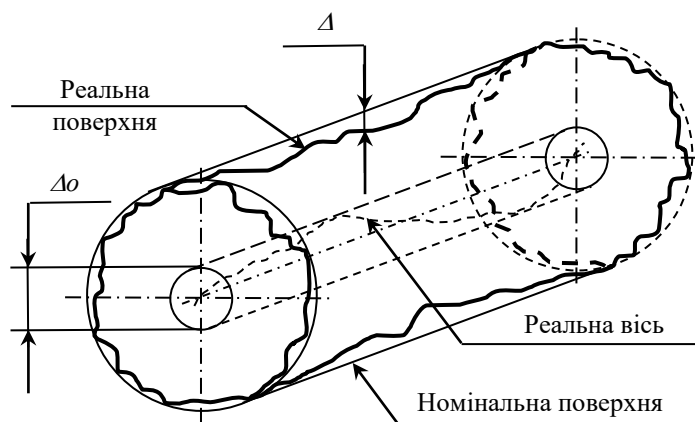


Рисунок 5.4 – Відхилення від циліндричності.

Диференційованими показниками є **конусоподібність** (рис. 5.3, в), **бочкоподібність** (рис. 5.3, б), **сідлоподібність** Δ (рис.5.3, г) і **відхилення від прямолінійності осі** Δ₀ (рис. 5.4).

Комплексним показником відхилення форми циліндричних деталей незалежно від перерізу є **відхилення від циліндричності** Δ (рис. 5.4).

Комплексним показником відхилення форми плоских поверхонь є **відхилення від площинності** (для всієї поверхні) і **відхилення від прямолінійності** (для профілю) (рис. 5.5). Ці відхилення можуть розглядатися на заданій ділянці або по всій поверхні (довжині). Диференційовані показники – **увігнутість** і **вигнутість**.

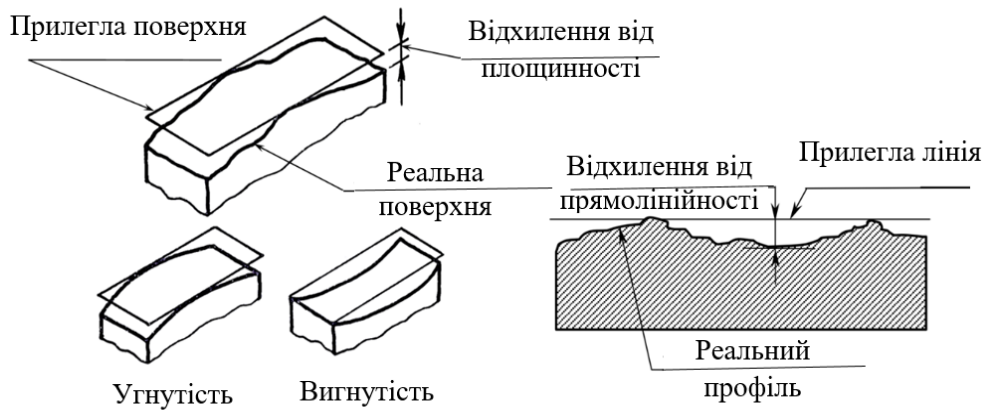


Рисунок 5.5 – Відхилення від площинності та прямолінійності

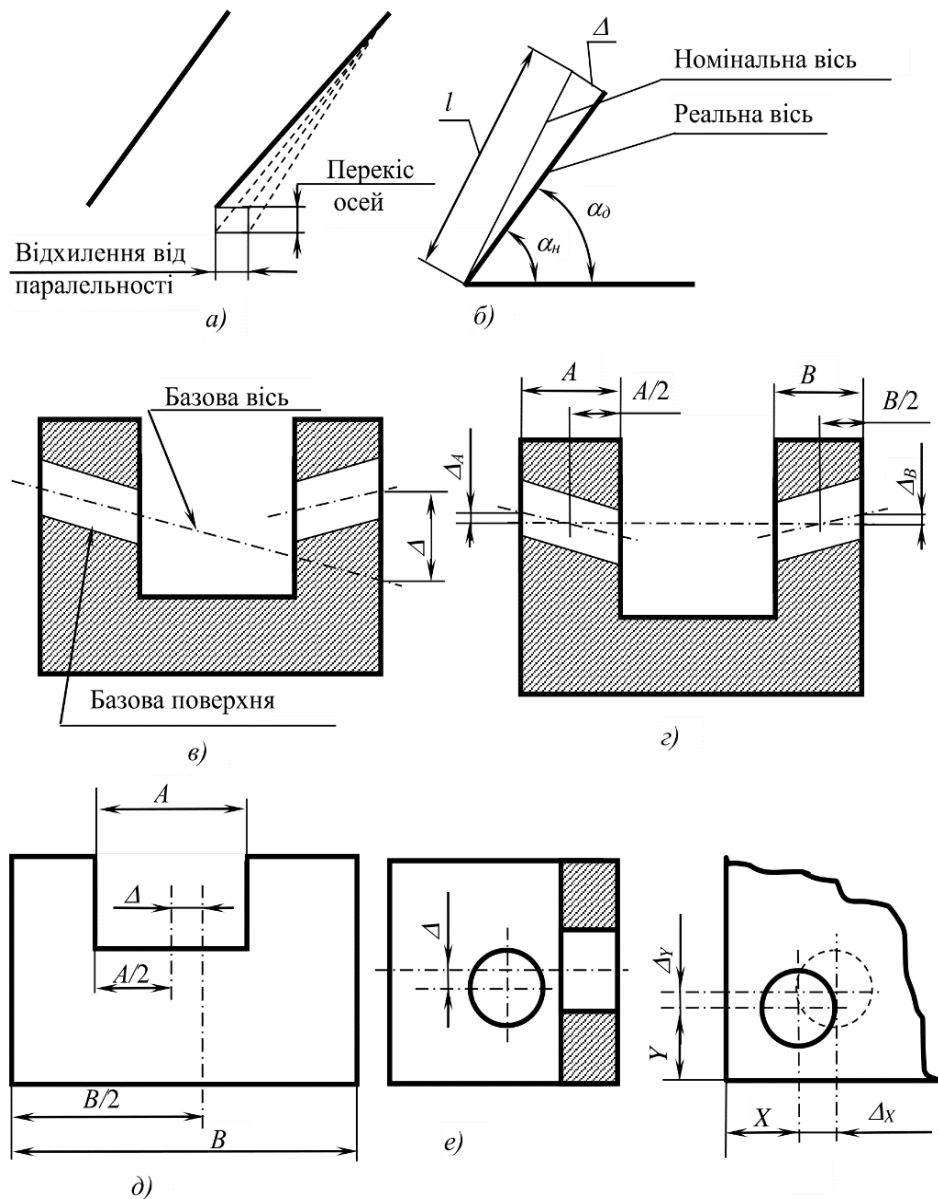


Рисунок 5.6 – Відхилення розташування поверхонь.

5.2 Відхилення розташування поверхонь

Відхиленням розташування називають відхилення реального розташування даного елемента від його номінального розташування. При цьому відхилення форми не враховуються, а реальні поверхні замінюють номінальними прилеглими.

Основними видами відхилень розташування поверхонь є такі:

1. від паралельності площин;
2. від паралельності і перекосу осей (рис. 5.6. а);
3. від паралельності осі і площини;
4. від перпендикулярності площин;
5. від перпендикулярності осей;
6. від перпендикулярності осі до площини;
7. нахилу площин;
8. нахилу осей (рис. 5.6, б);
9. нахилу осі і площини;
10. від співвісності відносно базової поверхні (рис. 5.6, в);
11. від співвісності відносно загальної осі (рис. 5.6, г);
12. від симетричності (рис. 5.6, д);
13. від перетину осей (рис. 5.6, е);
14. позиційне (рис. 5.6, ж).

5.3 Сумарні відхилення форми і розташування поверхонь

Сумарні відхилення є результатом спільного прояву відхилень форм і розташування поверхонь.

Радіальне биття визначаються в перерізі циліндричної поверхні площиною, що перпендикулярна до базової осі. Значення R_{\max} і R_{\min} беруть з одного перерізу (рис. 5.7. а). Величина радіально биття дорівнює $\Delta = R_{\max} - R_{\min}$.

Торцеве биття визначають в перерізі торцевої поверхні циліндром і є різницею відстаней від площини, що перпендикулярна до базової осі, до вимірюваної поверхні, яку контролюють. Значення l_{\max} і l_{\min} беруться з одного перерізу циліндром діаметра d , тоді $\Delta = l_{\max} - l_{\min}$ (рис. 5.7, б)

Биття в заданому напрямі Δ визначають в перерізі поверхні конусом, вісь якого співвісна базовій осі, а твірна має заданий напрям (рис. 5.7, в).

Повне радіальне биття Δ визначають аналогічно радіальному биттю, але R_{\max} і R_{\min} обирають по всій поверхні яку контролюють.

Повне торцеве биття Δ визначають аналогічно торцевого биття, але l_{\max} і l_{\min} обирають по всій поверхні яку контролюють.

Відхилення форми заданого профілю Δ визначають за нормаллю до номінального профілю як найбільшу відстань до дійсного профілю (рис. 5.7, г) в січній площині.

Відхилення форми заданої поверхні Δ визначають аналогічно відхиленню форми заданого профілю, але по всій поверхні, що контролюють.

Питання для самоперевірки до одинадцятої лекції:

1. Що розуміють під відхиленням форми поверхні?
2. Які показники відхилень форми циліндричних деталей в поперечному перерізі вам відомі?
3. Які показники відхилень форми циліндричних деталей в поздовжньому перерізі вам відомі ?
4. Які відхилення розташування поверхонь вам відомі?
5. Які сумарні відхилення форми і розташування поверхонь вам відомі?

Література для додаткового навчання: [1, с.105-230; 2, с.27-31].

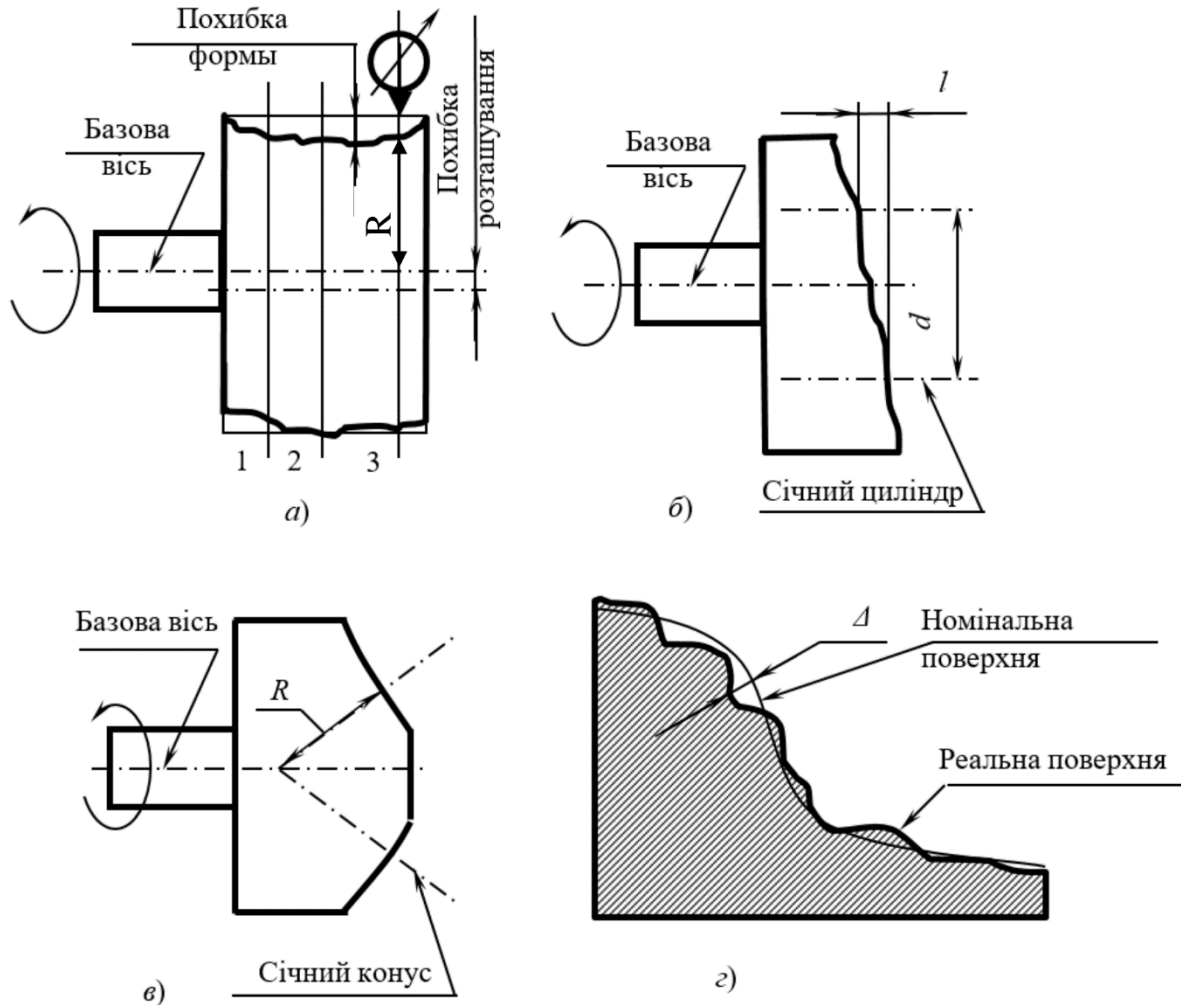


Рисунок 5.7. Сумарні похибки форми і розташування.

Лекція 12

Мета лекції – навчитися проставляти на кресленнях похибки форми і розташування поверхонь.

5.4 Позначення відхилень форми і розташування поверхонь

У таблиці 5.1. наведені умовні позначення (ГОСТ 2.308-79) допусків форми і розташування поверхонь які застосовують при позначенні відхилень форми і розташування поверхонь на кресленнях.

Для ряду відхилень розташування і сумарних відхилень крім чисельного значення допуску вказують спосіб його завдання у радіальному (R або $T/2$) або діаметральному (\square або T) вираженні. Діаметральна завдання допуску є переважним (табл. 5.2).

При призначенні позиційного допуску, допуску нахилу, допуску форми заданого профілю (форми), лінійні або кутові розміри, що визначають номінальне розташування і номінальну форму елементів, вказуються на кресленнях без відхилень і розміщують в прямокутні рамки (рис. 5.7)

Допуски розташування можуть бути залежними і незалежними.

Незалежними називаються допуски розташування або форми які мають чисельне значення, що постійно для всіх деталей, які виготовляють згідно з даним кресленням, і не











залежне від дійсних розмірів деталей.

Залежними називають допуски розташування чисельне значення яких змінне для різних деталей, що виготовлені згідно з даним кресленням, і залежать від дійсних розмірів деталей. Позначаються залежні допуски буквою М яке розташоване в колі. Приклад залежного допуску наведено на рисунку 5.7.

Таблиця 5.1 – Умовні позначення допусків форми і розташування

Група допусків	Вид допуску	Умовний знак
ФОРМИ	Допуск прямолінійності	—
	Допуск площинності	
	Допуск круглості	○
	Допуск циліндричності	
	Допуск профілю повздовжнього перерізу	≡
РОЗТАШУВАННЯ	Допуск паралельності	∥
	Допуск перпендикулярності	⊥
	Допуск нахилу	∠
	Допуск співвісності	◎
	Допуск симетричності	≡≡
	Позиційний допуск	⊕
	Допуск перетину осей	X
СУМАРНІ	Допуск радіального биття	
	Допуск торцевого биття	
	Допуск биття в заданому напрямку	
	Допуск повного радіального биття	
	Допуск повного торцевого биття	
	Допуск форми заданого профіля	⌒
	Допуск форми заданої поверхні	

Таблиця 5.2 – Допуск розташування в діаметральному і радіальному вираженні

Вид допуску	В діаметральному вираженні	В радіальному вираженні
Допуск співвісності	 $\varnothing 0,02$	 $R 0,01$
Допуск симетричності	 $T 0,02$	 $T/2 0,01$
Позиційний допуск	 $\varnothing 0,02$	 $R 0,01$
Позиційний допуск площини симетрії	 $T 0,02$	 $T/2 0,01$
Допуск перетину осей	 $T 0,02$	 $T/2 0,01$

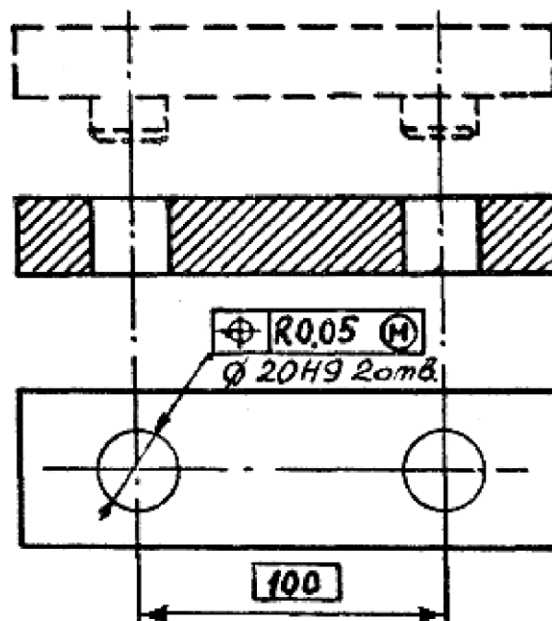


Рисунок 5.7 – Позначення позиційного залежного допуску розташування

Позиційний допуск (на міжосьова відстань отворів) (рис.5.7) залежить від дійсних розмірів отворів $\varnothing 20H9$, що змінюються в межах допуску H9. Чим ближче справжні розміри отворів до D_{\max} , тим більшу погрішність міжосьової відстані може мати деталь при з'єднанні з парною деталлю. У кресленнях і технічних умовах залежні допуски задають своїми мінімальними значеннями, а повна величина допуску розташування обчислюють як суму:

$$T_{\text{зал}} = T_{\text{min}} + T_{\text{дод'}}$$

де T_{min} – постійна частина допуску, що вказують на кресленні, T_{min} обчислюють за умови мінімальних граничних розмірів отворів і максимальних розмірів валів, тобто дорівнює S_{min} в з'єднанні. $T_{\text{дод'}}$ – змінна частина допуску, що залежить від дійсних розмірів деталей і схеми з'єднання. Конкретні формули для розрахунку $T_{\text{дод'}}$ наведені в [3, стр.362-363]. Залежні допуски економічні чим незалежні, оскільки розширюють границі дійсних

допусків і дозволяють здешевити виробництво. У всіх допустимих випадках залежні допуски мають переважне застосування.

Знак і величину допуску в мм вписують в рамку, яка розділена на 2 або 3 поля (рис. 5.8, а)

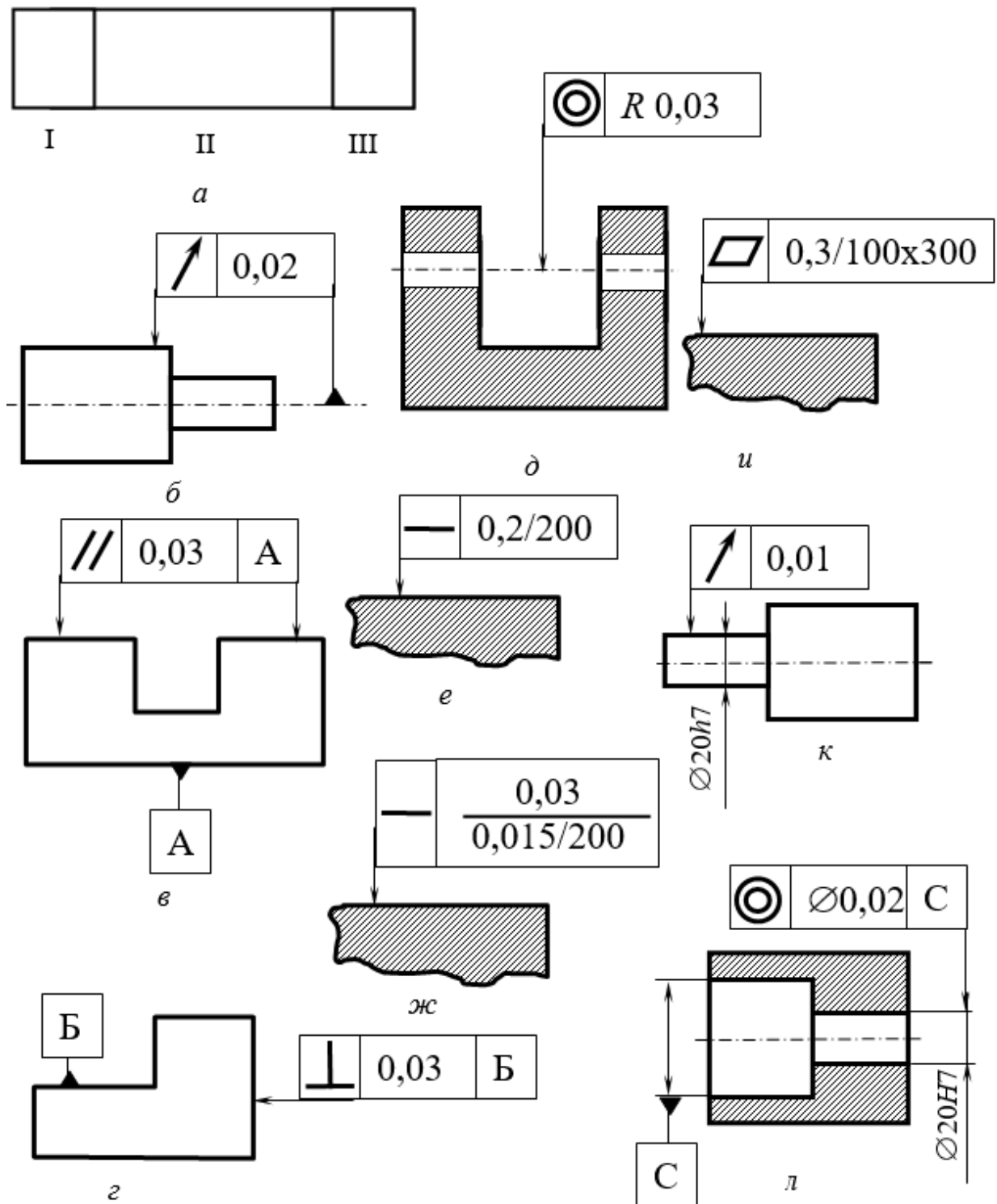


Рисунок 5.8 – Приклади позначення похибок форми і розташування

У I полі вказують умовне позначення похибки (табл. 5.1). У II поле вказують числове значення допуску в мм. У III поле – базу допуску. Рамку з'єднують з контурною

лінією виробу або виносною лінією (рис. 5.8, б, л). Базу позначають зачорненим трикутником, основа якого розташовується на контурній, осьовій або виносній лінії елемента. Коли поверхня, по відносно якої заданий допуск, не є базовою, то замість трикутника ставлять стрілку (рис. 5.8, б, в, г).

Коли допуск відноситься до загальної осі (чи площини симетрії), то лінію, що з'єднує, проводять до загальної осі (загальної площини симетрії) (рис. 5.8, д).

Допуск може бути віднесений до всієї поверхні, що розглядають, або тільки до заданої ділянки. Наприклад, запис на рисунку 5.8, е позначає допуск прямолінійності 0,2 мм на довжині 200 мм, а на рисунку 5.8, ж – допуск прямолінійності 0,03 мм по всій довжині профілю або 0,015 мм на будь-якій ділянці довжиною 200 мм.

Якщо необхідно провести вимірювання на конкретній ділянці поверхні, то ця ділянка відокремлюється на кресленні штрих пунктирною лінією або розмірами (рис. 5.8. и). Коли стрілка не є продовженням розмірної лінії (рис. 5.8, к), то показаний на кресленні допуск відноситься до позначеної поверхні. Коли стрілка, що з'єднує, є продовженням розмірної лінії (рис. 5.8, л), то допуск відноситься до осі поверхні. Приклад завдання допуску в радіальному вираженні наведено на рисунку 5.8. д, а в діаметральному вираженні - 5.8, л.

Комплексний приклад проставлення допусків розмірів і похибок форми і розташування поверхонь наведено на рисунку 5.9.

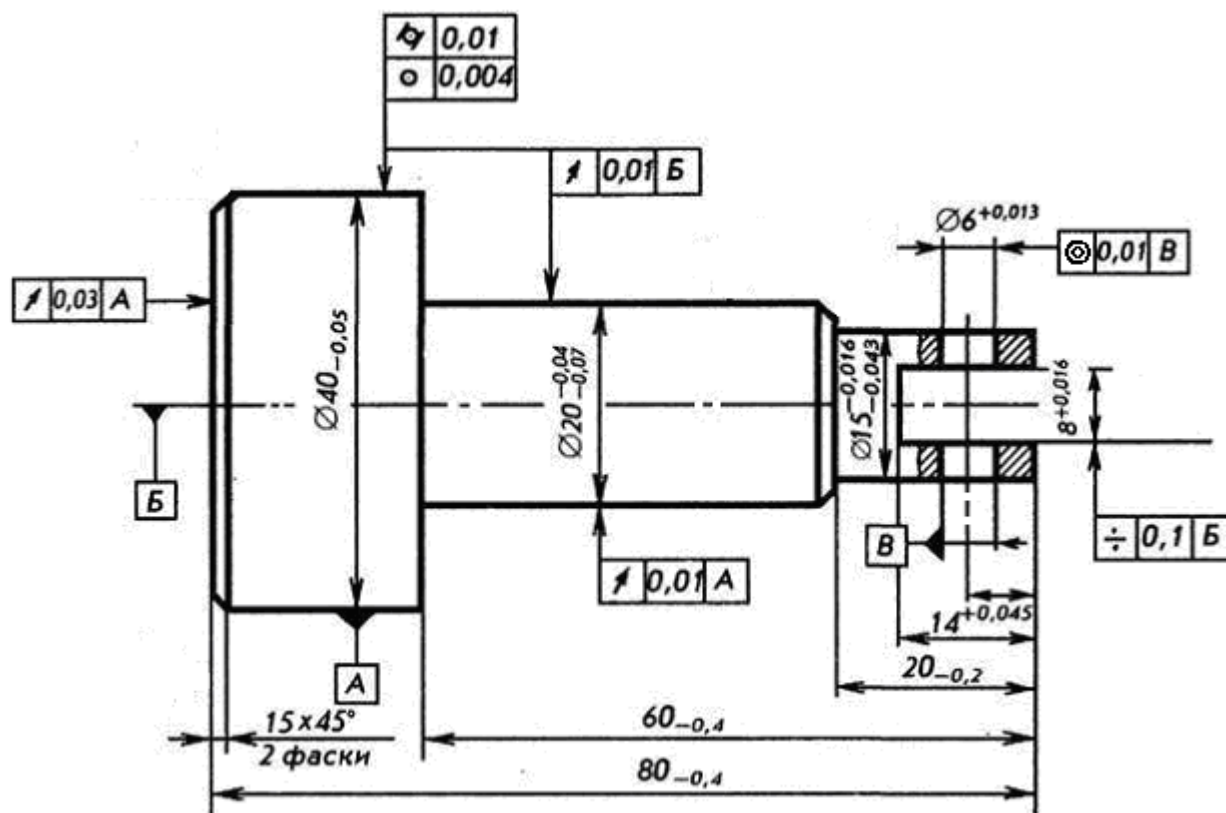


Рисунок 5.9 – Приклад проставлення допусків розмірів і поверхонь.

Числові значення допусків регламентуються ГОСТ 24643-81. Для нормування форми і розташування передбачено 16 ступенів точності, що позначаються арабськими цифрами від 1 до 16. Ступінь точності визначається відповідно до ГОСТ 24643-81 за якітетом розміру і прийнятим **рівнем геометричної точності**. Передбачено три рівні відносної геометричної точності:

А – **нормальна геометрична точність** – допуски форми та розташування

становлять 60% від допуску розміру. Для допуску циліндричної, круглості профілю поздовжнього перерізу і допусків в радіусному вираженні – 30%;

В – підвищена геометрична точність – 40% і 20% відповідно;

С – висока геометрична точність – 25% и 12%.

Коли на кресленні допуски форми і розташування не вказані, то це означає, що вони обмежені полем допуску на розмір відповідної поверхні. Допуски нахилу і позиційний допуск вказують на кресленні обов'язково.

Питання для самоперевірки до дванадцятої лекції:

1. Що таке допуски в радіальному і діаметральному вираженні?
 2. Що таке залежний допуск?
 3. Які умовні позначення допусків форми і розташування застосовують при оформленні креслень?
 4. Як розрахувати постійну і змінну складові залежного допуску?
 5. Наведіть приклади позначення похибок форми і розташування поверхонь на кресленнях.
 6. Як визначити числові значення допусків форми і розташування поверхонь?
- Література для додаткового навчання:* [1, с.105-230; 2, с.31-34].

Лекція 13

Мета лекції - ознайомиться з параметрами хвилястості і шорсткості поверхні.

6 ХВИЛЯСТІСТЬ І ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ

6.1 Хвилястість поверхні

Хвилястістю поверхні називають сукупність нерівностей, що періодично чергуються з відносно великими кроками. Якщо відношення кроку нерівностей S до висоти W , $S/W < 40$, то відхилення належить шорсткості. При $40 \delta S/W \delta 1000$ відхилення є хвилястістю. При $S/W > 1000$ – похибкою форми поверхні.

Хвилястість поверхні характеризується параметрами:

1. Висота хвилястості W_z (рис. 6.1):

$$W_z = \frac{1}{5(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)}$$

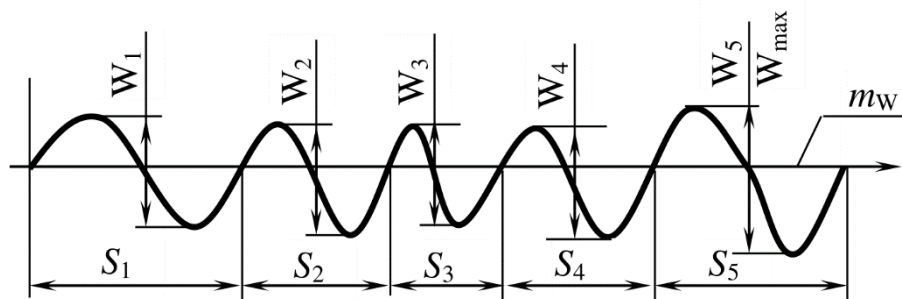


Рисунок 6.1 – Хвилястість поверхні.

Граничні значення W_z слід вибирати з ряду значень в мікрометрах: 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25, 50, 50, 100, 200.

2. Найбільша висота хвилястості W_{max} (рис. 6.1).

3. Середня лінія профілю m_w (рис. 6.1).
4. Середній крок хвилястості S_w :

$$S_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

Вимірювання хвилястості не так поширене, як вимірювання шорсткості, проте існують важливі області застосування цього параметра. Наприклад, хвилястість у доріжок кочення в підшипниках є однією з причин вібрацій та шуму в кулькових підшипниках.

6.2 Шорсткість поверхні

Шорсткістю поверхні є сукупність нерівностей з відносно малими кроками в межах базової довжини l .

Експлуатаційні властивості деталей машин значною мірою визначаються якістю поверхневого шару, його геометричними, фізичними та механічними характеристиками. Реальна поверхня деталей машини складається з невеликих виступів і западин через копіювальну форму різального інструменту, пластичну деформацію матеріалу поверхневого шару, вібрації в технологічній системі та іншими факторами.

Шорсткість має великий вплив на такі параметри якості деталей машин:

- 1) Втомна міцність деталі – мікрорельєф є концентратором напруження у впадині, яке на 2 рази вище середніх напружень у поверхневому шарі (рис. 6.2, а);

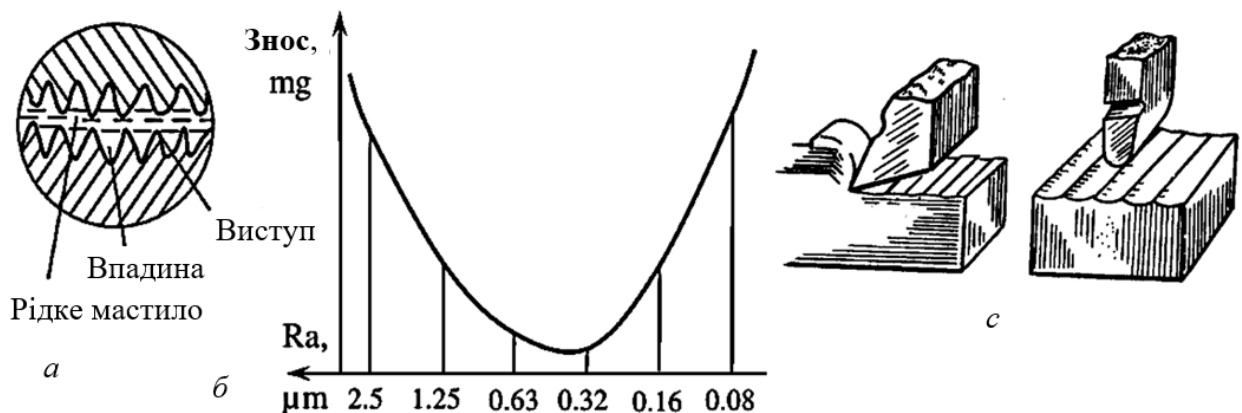


Рисунок 6.2 – Вплив шорсткості поверхні на ефективність використання деталі.

- 2) Міцність та надійність нерухомих з'єднань (посадок з натягом);
- 3) Надійність рухомих з'єднань в умовах рідинного тертя (рис. 7.2, б):
 - при більшій шорсткості $R_a > 0,32$ мкм. відбувається знос за рахунок деформації піків мікро-нерівностей;
 - при меншій шорсткості $R_a < 0,32$ мкм відбувається знос за рахунок видавлювання мастила з недостатньо глибоких впадин і, отже, за рахунок сухого тертя;
- 4) Здатність поглинати (випромінювати) тепло;
- 5) Аеродинамічні якості;
- 6) Корозійна стійкість.

Шорсткість поверхні деталей машин утворюється під час їх обробки (рис. 6.2, в) або під час їх використання.

Базова довжина l являє собою ділянку поверхні, на якій визначають параметри

шорсткості. Величина l визначається з міркувань, що виключають вплив хвилястості поверхні (рис. 6.2). Величина l прямо пропорційна величині висоти нерівностей шорсткості і вибирається за стандартом. У межах базової довжини визначаються всі нижченаведені параметри шорсткості.

Параметри шорсткості поверхні наведені у стандарті ISO 4287. Стандарт базується на системі «М» (середня лінія профілю). **Середня лінія профілю** знаходиться в межах базової довжини l . **Базова довжина l** – це відрізок поверхневого профілю, на якому визначаються параметри шорсткості. Значення базової довжини l визначається з міркувань, що виключають вплив хвилястості (рис. 6.3). Чисельні значення базової довжини l вибираються із діапазону значень, що дорівнюють: 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 міліметра. Значення базової довжини l прямо пропорційне висоті нерівностей і вибирається відповідно до стандарту. Вибір базової довжини повинен бути пов'язаний зі значеннями параметрів шорсткості розрахункового профілю. Недостатня довжина не забезпечить точності оцінок параметрів, а занадто довга призведе до спотворення оцінок параметрів через вплив макрогеометрії. Усі параметри шорсткості визначаються в межах базової довжини.

Параметри шорсткості поверхні встановлюються стандартом ISO 1312, вимоги якого стосуються поверхні виробів, незалежно від їх матеріалу та способу виготовлення деталей машин. При визначенні параметрів шорсткості місцеві дефекти поверхні виключаються з розгляду.

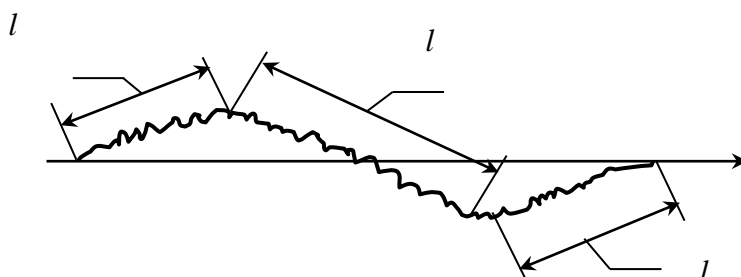


Рисунок 6.3 – Визначення базової довжини.

Для кількісної оцінки шорсткості стандарт встановлює шість параметрів: три параметри, що характеризують висоту нерівностей (R_a , R_z , R_{max}), два параметри, що характеризують періодичність нерівностей профілю (S_m , S) і параметр t_p , що характеризує відносну опорну довжину профілю.

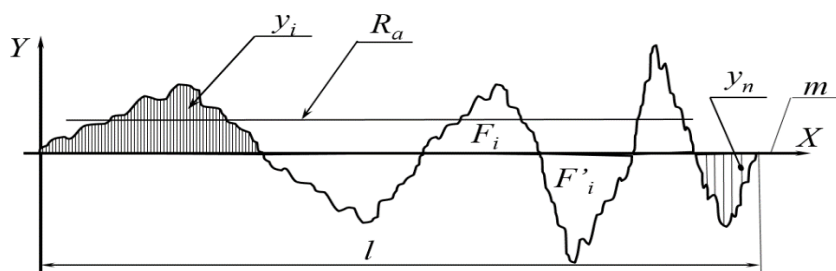


Рисунок 6.4 – Середня лінія профілю m і параметр R_a .

Середня лінія профілю m ділить дійсний профіль таким чином, що сума квадратів відстаней y_i від точок профілю до цієї лінії в межах базової довжини l є мінімальною, або загальна площа виступів (F_i) і загальна площа западин (F'_i) рівні (рис. 6.4).

У математичній мові ця умова виглядає так:

$$\int_0^l y^2 dx = \min \text{ or } \sum_{i=1}^n F_i = \sum_{i=1}^n F'_i.$$

Середнє арифметичне відхилення R_a – середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю y_i в межах базової довжини l (рис.6.4):

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

де $y(x)$ – функція профілю $f(x)$; y_i – значення дискретного відхилення профілю в системі «М», що дорівнює відстані між будь-якою точкою профілю та середньою лінією m , що вимірюється в межах базової довжини l ; n - кількість вимірів дискретних відхилень y_i в межах базової довжини l .

Середнє квадратичне відхилення R_q . – середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю y_i (рис. 6.4):

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |y^2(x)| dx}$$

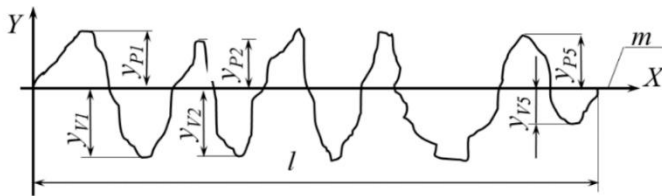


Рисунок 6.5 – Висота нерівностей профілю за десятьма точками R_z .

Висота нерівностей профілю за десятьма точками R_z – середня сума значень п'яти найбільших виступів y_p і п'яти найбільших западин y_v в межах базової довжини l (рис. 6.5):

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right).$$

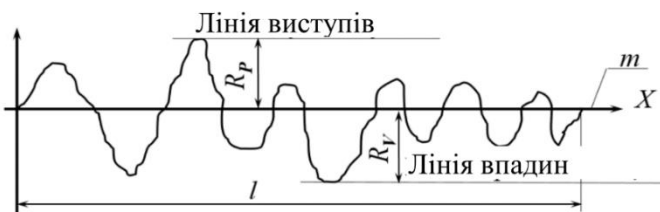


Рисунок 6.6 – Найбільша висота профілю R_{max} .

Найбільша висота профілю R_{max} - це відстань між найвищою точкою виступів R_p (лінія виступів) та найнижчою точкою западин найбільшої западини (лінія западин) в межах базової

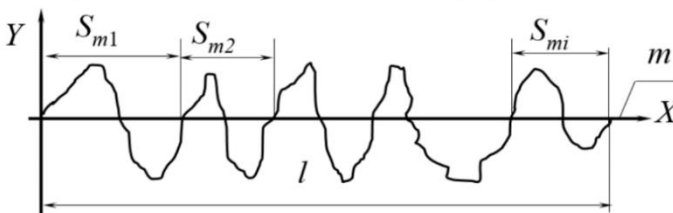


Рисунок 6.7 – Середній крок нерівностей S_m .

довжини l (рис. 6.6):

$$R_{max} = R_p + R_v.$$

Середній крок нерівностей S_m – середнє значення відстані вздовж середньої лінії m між однойменними сторонами сусідніх нерівностей в межах базової довжини l (рис. 6.7):

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}.$$

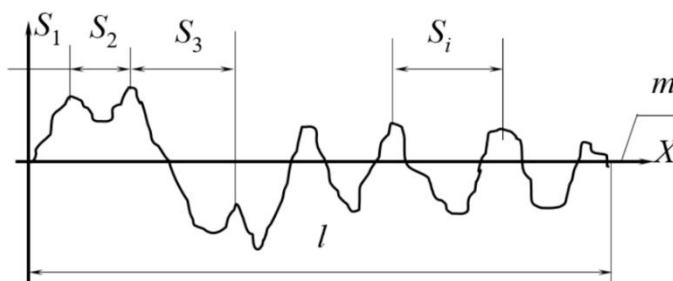


Рисунок 6.8 – Середній крок місцевих виступів S .

Середній крок місцевих виступів S – середнє значення кроків місцевих виступів профілю в межах базової довжини l (рис. 6.8):

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i.$$

Відносна опорна довжина профілю t_p – відношення опорної довжини профілю η_p до базової довжини l (рис. 6.9):

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i, \quad t_p = \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \right) \cdot 100\%.$$

де p – заданий рівень перерізу; b_i – значення відрізків, що відсікаються на виступах

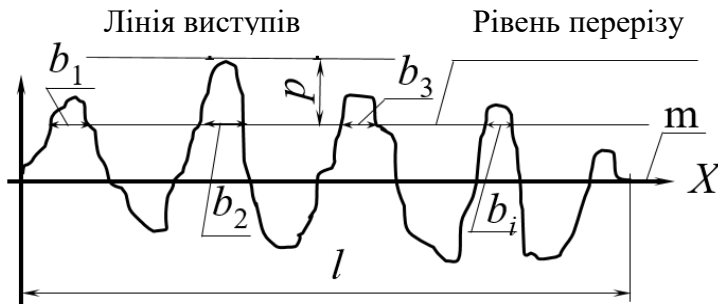


Рисунок 6.9 – Відносна опорна довжина профілю t_p .

профілю лінією, яка паралельна середній лінії і розташована від лінії виступів на відстані p . Відстань p задають у відсотках від R_{\max} і беруть з діапазону від 5 до 90% з кроком в 5%.

На рисунку 6.10 видно, як параметр t_p змінюється залежно від значення p для різних типів поверхонь профілю. Видно, що чим більше значення параметра t_p , тим більша зносостійкість і контактна

жорсткість поверхні деталі машини.

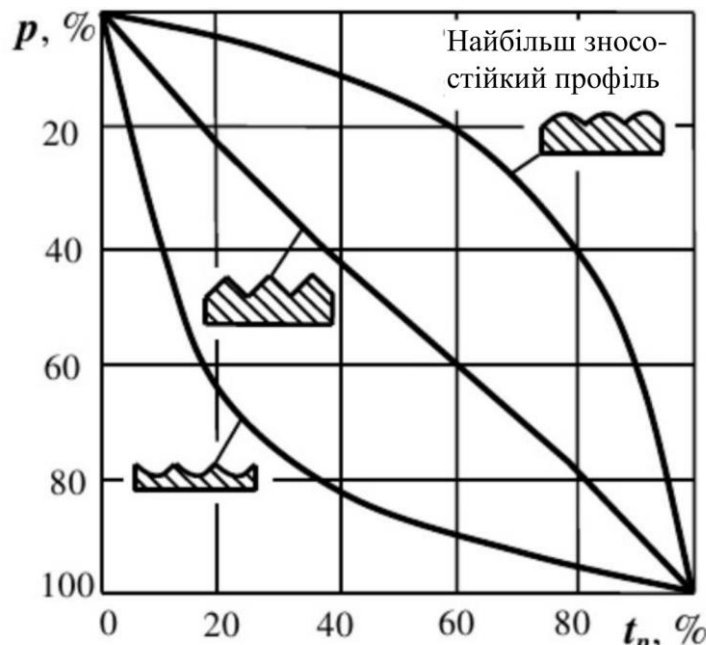


Рисунок 6.10 – Вплив форми профілю на знос деталей.

Міжнародна організація зі стандартизації ввела числові значення параметрів шорсткості в стандарт ISO 1302.

Крім вищевказаних параметрів стандарт встановлює нормовані напрямки нерівностей профілю (табл. 6.1).

У таблиці 6.2 із стандарту наведено переважні та рекомендовані числові значення параметрів шорсткості поверхні. Числові значення параметра R_a в чотири рази менше значення параметра R_z . Зверніть вашу увагу на відповідність числових значень базової довжини l та параметрів шорсткості. Наприклад, при базовій довжині 0,25 міліметра можна виміряти чотири числові значення параметрів шорсткості, а при довжині 0,03 міліметра можна виміряти лише одне значення параметра.

Питання для самоперевірки до тринадцятої лекції:

1. Що таке хвилястість поверхні?
2. Які параметри використовують для нормування хвилястості?
3. Як визначити базову довжину?
4. Що таке середня лінія профілю?

5. Які параметри використовують для нормування шорсткості поверхні?

Література для додаткового навчання: [1, с.231-245; 2, с.35-37].

Лекція 14

Мета лекції - навчитися проставляти на кресленнях позначення шорсткості поверхні.

6.3 Позначення шорсткості поверхні на кресленнях

Шорсткість поверхні позначається на кресленні деталі для всіх поверхонь оброблюваних за даним кресленням використовуючи спеціальний знак (рис. 6.11, а).

Таблиця 6.1 – Стандартне направлення нерівностей шорсткостей поверхонь.

Типи напрямків нерівностей	Умовне позначення	Схематичне позначення
Паралельний		
Перпендикулярний		
Перекресний		
Довільний		
Точковий		
Колоподібний		
Радіальний		

Значення параметрів шорсткості поверхні здійснюють за схемою (рис. 6.11, а):

- в полі 1 вказують спосіб обробки поверхні (полірувати, шабрувати, притерти тощо) або інші додаткові дані;

- в полі 2 – базову довжина та параметри шорсткості в наступному порядку Ra , Rz , R_{max} , S_m , S , t_p , якщо потрібно вказати кілька параметрів, то їх записують в стовпчик, один під іншим;

- в полі 3 – напрям нерівностей (табл.6.1).

Таблиця 6.2 – Переважні та рекомендовані числові значення параметрів шорсткості поверхні.

R_a , μm																
	400	100	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.100	0.050	0.025	0.012	0.008
R_z , R_{max} , μm																
	1600	400	200	100	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.100	0.050	0.025
l , mm																
	25	8		2.5		0.8		0.25			0.08		0.03			

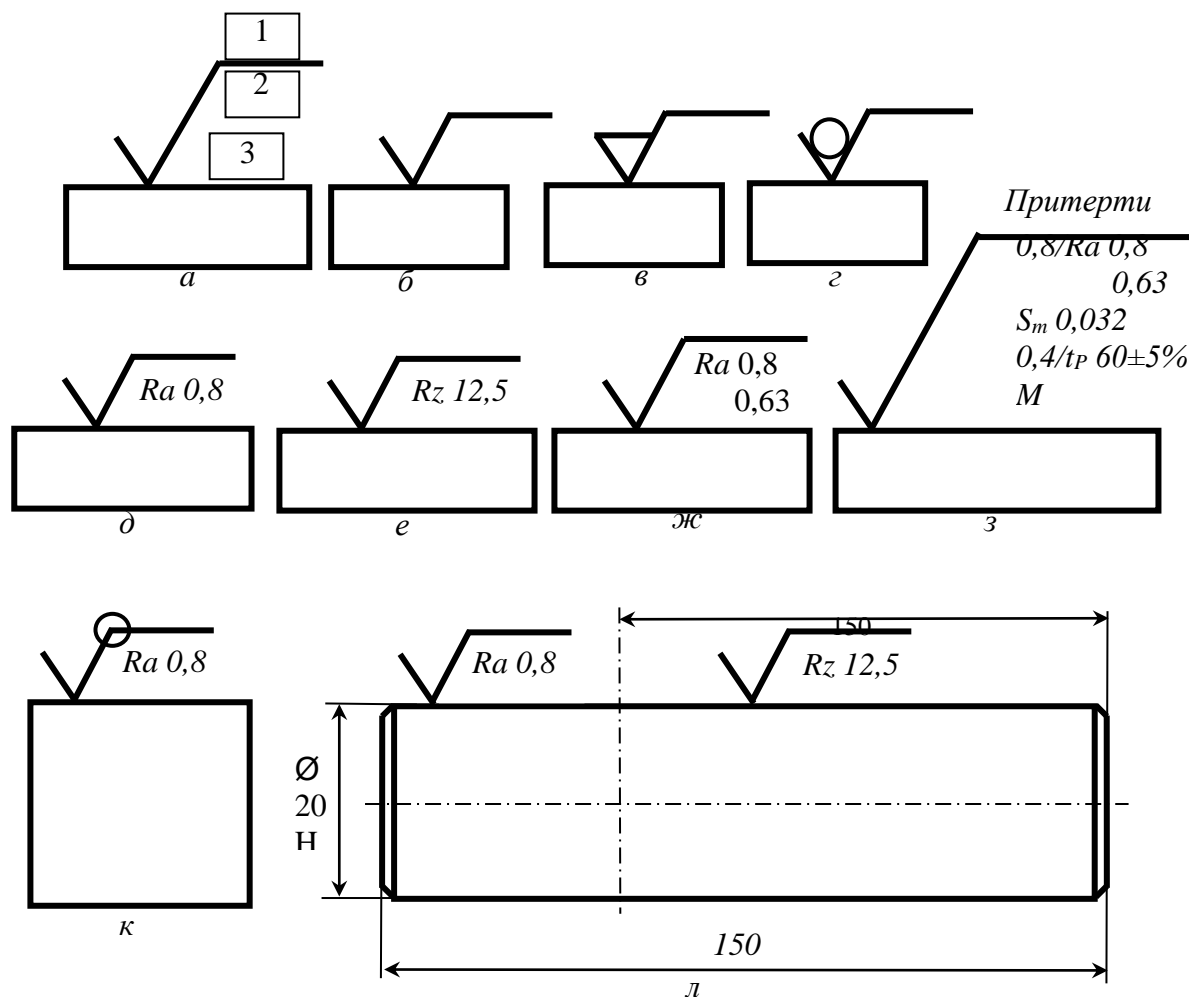


Рисунок 6.11 – Позначення шорсткості поверхонь на кресленнях.

Перед чисельним значенням параметру вказують його умовне позначення. Якщо базова довжина має не стандартне значення, то її величину вказують перед умовним позначенням параметра.

Залежно від способу обробки поверхні застосовують один із знаків. Якщо спосіб обробки не встановлюється, застосовують знак, показаний на рис. 6.11, б. У позначенні шорсткості поверхні, що утворена зняттям шару металу (різання, травлення та ін.), використовують знак, наведений на рис. 6.11, в. Знак на рисунку 6.11, г застосовують для позначення шорсткості поверхні, що не обробляють за даним кресленням або яка залишена в стані поставки.

Приклад позначення шорсткості поверхні з параметром Ra наведено на рис. 6.11, *д*, а з параметром Rz – на рис. 6.11, *е*. Якщо необхідно обмежити не тільки максимальне значення шорсткості, але і мінімальне, то в позначенні вказують обидві границі параметру (рис. 6.11, *ж*).

При позначенні декількох параметрів шорсткості їх записують в такій послідовності:

- 1) параметри висоти нерівності Ra , Rz , R_{max} ;
- 2) параметри кроку S , S_m ;
- 3) Відносна опорна довжина профілю t_p (%).

Наприклад, (рис. 6.11, *з*) приведено повне позначення шорсткості. Для поверхні встановлено, що на базовій довжині 0,8 мм параметр Ra повинен перебувати в межах 0,8 ... 6,3 мкм, $S_m = 0,032$ мм, відносна опорна довжина профілю визначається на базовій довжині 0,4 мм і повинна знаходитися в діапазоні 55 – 65%. Поверхня притерта. Напрямок нерівностей довільний.

Позначення шорсткості, якщо вона однакова для кількох поверхонь деталі, слід виносити в правий верхній кут креслення. Наприклад, $\sqrt{Ra 2,5}(\checkmark)$ знак, що проставлений в правому верхньому куті креслення, позначає, що всі поверхні, які не мають позначення шорсткості, повинні мати шорсткість не більше 2,5 мкм за параметром Ra .

Якщо необхідно обумовити шорсткість поверхні по контуру поверхонь деталі, то це роблять так, як це показано на рисунку 6.11, *к*. Для позначення різної шорсткості на різних ділянках деталі, ці ділянки виділяють штрих пунктирною лінією і вказують розміри ділянок з різною шорсткістю (рис. 6.11, *л*).

На рисунку 6.12 показано, як можна отримати шорсткість поверхні за допомогою різних типів металорізальних інструментів:

- 1 - розгортка;
- 2 - протяжка;
- 3 - свердло;
- 4 - відрізний різець;
- 5 – різьбовий різець;
- 6 - різець для розточки ;
- 7 - шліфувальний круг;
- 8 - фреза.

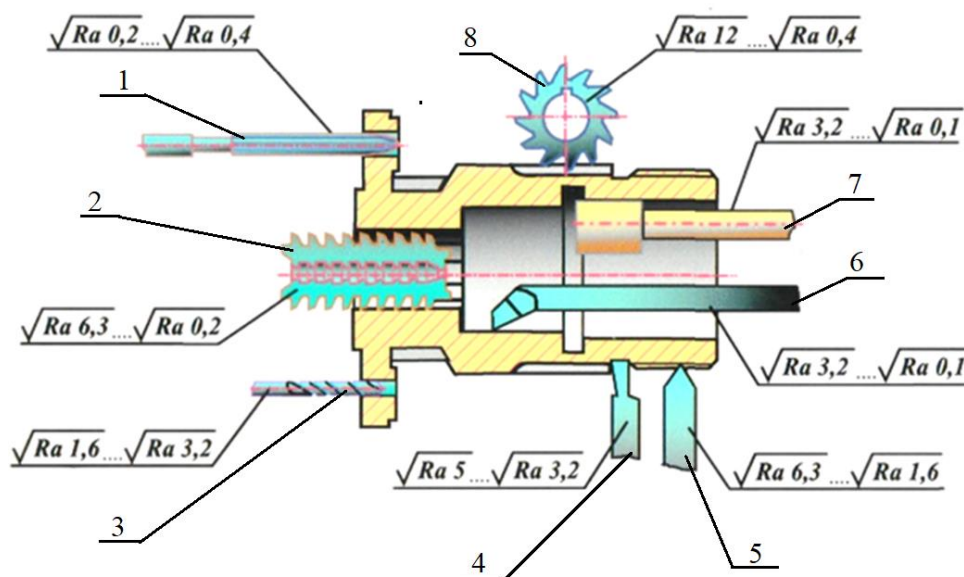


Рисунок 6.12 – Шорсткість поверхонь, що оброблені різними інструментами.

Чисельні значення параметрів шорсткості можуть бути визначені різними способами. Найпростіший та найдешевший спосіб визначення числових значень параметрів шорсткості поверхні це порівняння із зразками. На рисунку 6.13 наведено набір зразків шорсткості поверхні для різних найважливіших методів обробки. Визначення числових значень параметрів шорсткості за допомогою цього набору проводиться методом порівняння за допомогою очей. Хоча оцінка за допомогою очей здається не дуже точною, але відносна похибка цього методу не перевищує значення п'ятнадцяти відсотків, що є достатньо точним для виробничих умов у заводському цеху.

До речі, людське око є досить точним приладом, наприклад, воно може бачити лише один квант світла, ця дія не під силу існуючим вимірювальним приладам інтенсивності світла.

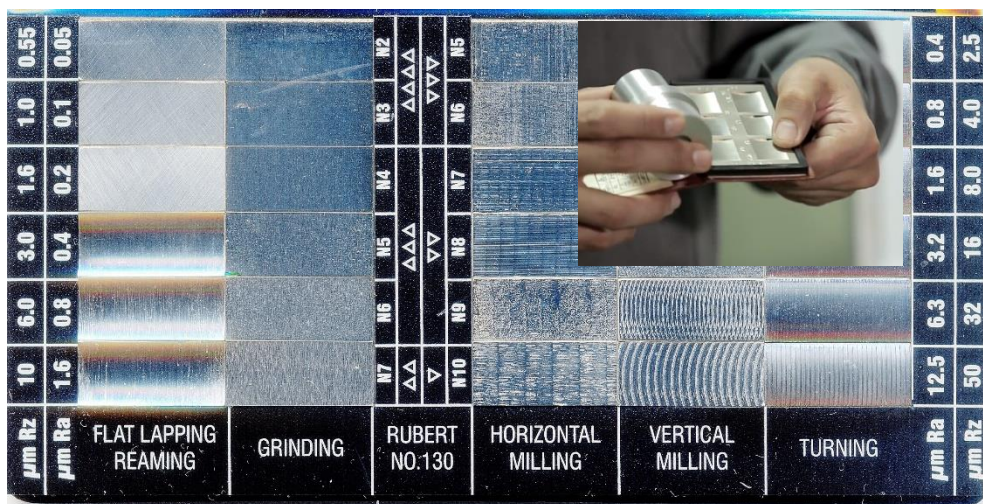


Рисунок 6.13 – Набір зразків шорсткості поверхні.

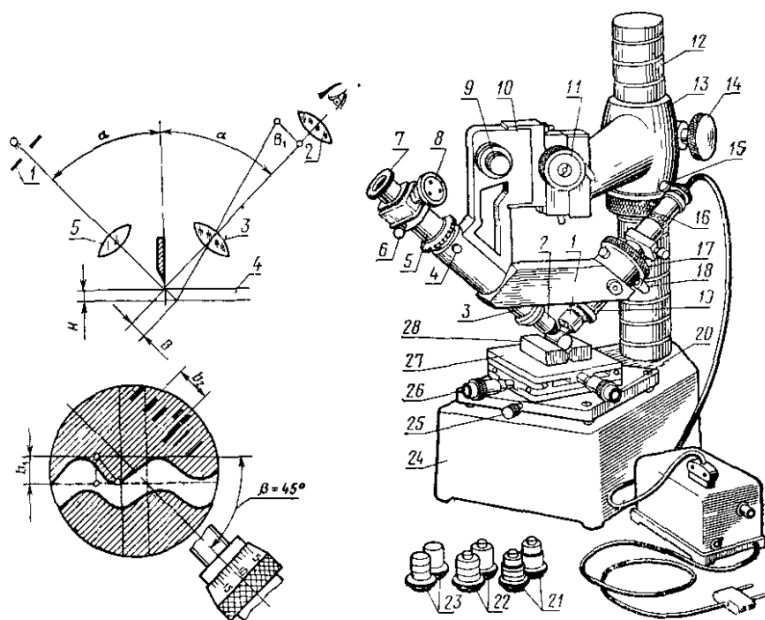


Рисунок 6.14 – Мікроскоп для вимірювання параметрів шорсткості поверхонь «МИС-11».

Оцінка шорсткості методом порівняння за допомогою зразків проста, але для точного вимірювання числових значень параметрів шорсткості треба здійснювати вимірювання.

До 30-х років 20 століття вимірювати чисельне значення параметрів шорсткості поверхні можна було лише методом світлового перерізу за допомогою спеціального мікроскопа (рис. 6.14). За допомогою цього мікроскопа можна виміряти значення лише двох параметрів шорсткості поверхні R_z та R_{max} . В сучасних умовах

метод світлового перерізу використовують в спеціальних мікроскопах які оснащені мікрокамерами та комп'ютерами зі спеціальним програмним забезпеченням розпізнавання образів (рис.6.15).

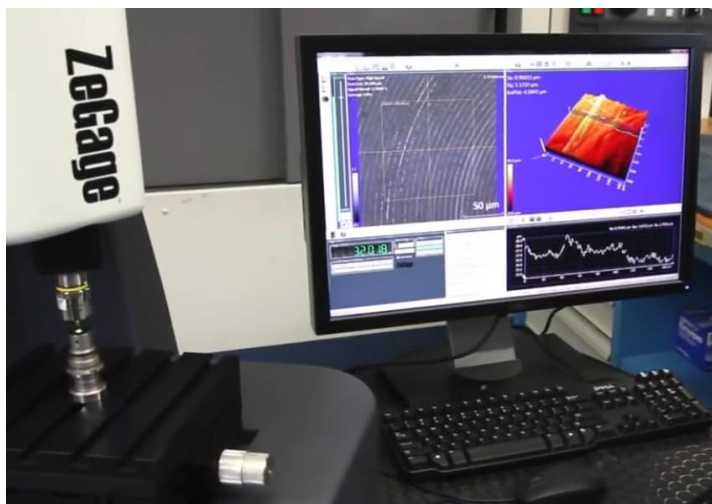


Рисунок 6.15 – Мікроскоп для вимірювання шорсткості «ZeGage».

Контактний метод запису мікро-профіля поверхні є найпоширенішим методом вимірювання параметрів шорсткості поверхні. Переваги методу в тому, що контактний профілометр є дешевим приладом і він має вищу розрізняльну здатність, ніж оптичні мікроскопи, яка залежить від обраного радіуса заокруглення вершини стилусу. Нові системи можуть виконувати 3D-вимірювання на додаток до 2D- вимірювань і можуть вимірювати параметри форми та граничні розміри, а також шорсткість та хвилястість. Однак недоліком є те, що наконечник стилусу повинен бути у фізичному контакті з поверхнею, що може деформувати поверхню або вершину стилусу. Крім того, завдяки механічній взаємодії швидкість сканування поверхні значно нижча, ніж при оптичних методах. Через наявність куту циліндричної вершини стилусу, профілометри не можуть вимірювати профіль поверхні в мікро западини якої не може увійти вершина стилусу, це викликаючи "тінь" або невизначену область, зазвичай набагато більшу, ніж для оптичних систем.

У шістдесятих роках ХХ століття з'явився перший профілограф-профілометр. Це дозволило виміряти параметри шорсткості та записувати профіль поверхні на спеціальний електро-чутливий папір (рис. 6.16). Управляти цим приладом було важко, і для отримання надійного результату вимірювання шорсткості однієї поверхні потрібно було вимірювати параметри два-три рази. Сучасні прилади дозволяють автоматично вимірювати параметри шорсткості та реєструвати профілограму поверхні деталі (рис. 6.16).

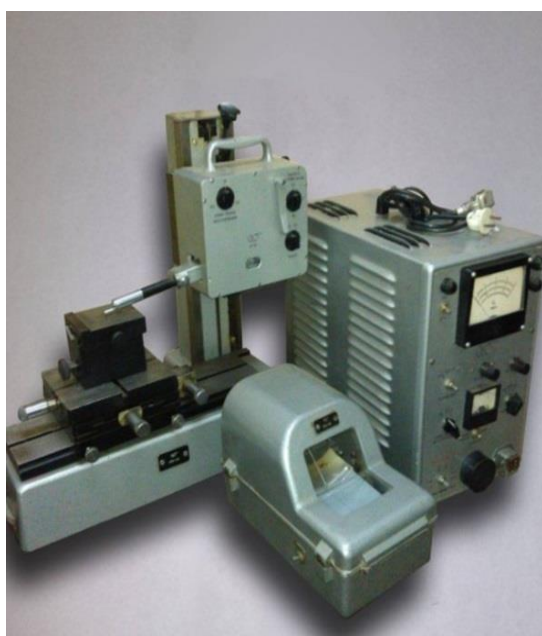


Рисунок 6.16 – Контактні профілометри 20 і 21 століть.

Повна перевірка граничних розмірів, відхилення форми та розташування поверхонь, шорсткості та хвилястості поверхні деталі здійснюють на сучасних три координатних вимірювальних машинах. На початку машина перевіряє відхилення розмірів, форми та розташування поверхонь, потім автоматично змінює вимірювальну голівку та перевіряє хвилястість та шорсткість поверхні. Після закінчення вимірювань машина згідно з програмою обчислює результати вимірювань і складає протокол повної перевірки деталі (рис. 6.17).

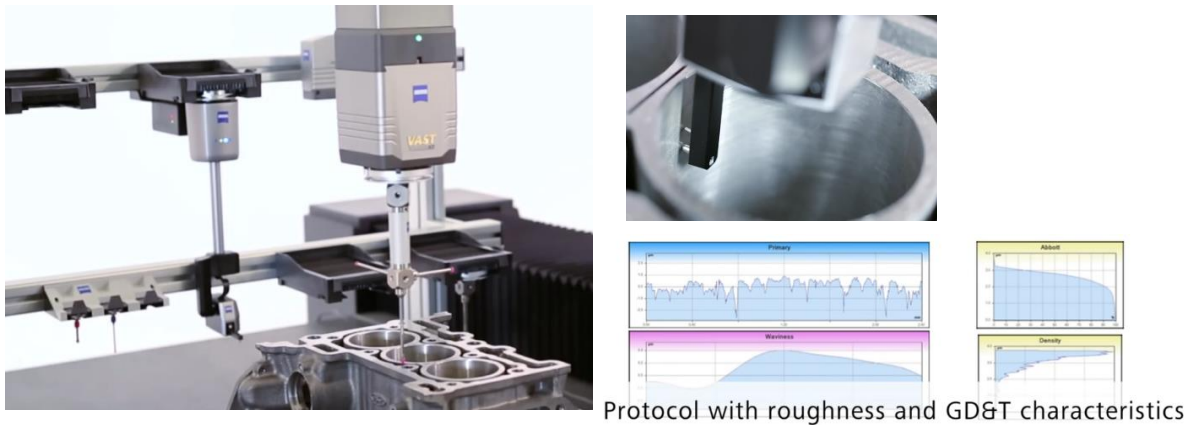


Рисунок 6.17 – Повна перевірка відхилень розмірів, форми та розташування поверхонь, шорсткості та хвилястості поверхні деталі.

Питання для самоперевірки до чотирнадцятої лекції:

1. Які стандартні напрямки нерівностей шорсткості поверхні вам відомі?
2. Які знаки використовують для позначення шорсткості поверхні?
3. Як записують значення параметрів шорсткості поверхні під знаком?
4. В якій послідовності записують декілька параметрів шорсткості?
5. Як позначають шорсткість для всіх поверхонь деталі одночасно?

Література для додаткового навчання: [1, с.246-255; 2, с.37-39].

Лекція 15

Мета лекції - ознайомиться з видами різьби і її параметрами, навчитися визначати поправки для компенсації похибки кроку і кута профілю, засвоїти поняття зведених діаметрів і сумарних допусків.

7 ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ

7.1 Основні параметри метричної різьби

Різьбові з'єднання широко застосовують в машинобудуванні. У сучасних машинах більше 60% всіх деталей мають різьби. За експлуатаційним призначенням розрізняють різьби загальні і спеціальні, для з'єднання одного типу деталей відповідного механізму або складальної одиниці.

За призначення різьби ділять на:

- **кріпильні** (метрична, дюймова), що застосовують для роз'ємних з'єднань деталей машин; основне їхнє призначення – забезпечити міцність з'єднань і зберегти герметичність стику в процесі тривалої експлуатації;

- **кінематичні** (трапецеїдальні і прямокутні), що застосовують для ходових гвинтів, гвинтів супортів верстатів і столів вимірювальних приладів. Основне їх призначення – забезпечити точне переміщення при мінімальному терті, а також плавність обертання і високу навантажувальну здатність (для точних мікрометричних пар застосовують різьби підвищеної точності), перетворити обертальний рух в прямолінійний в пресах і домкратах;

- **трубні і арматурні** (трубна циліндрична і конічна, метрична конічна) різьби застосовують для трубопроводів і арматури. Головне їх призначення – забезпечити герметичність з'єднань. Основні розміри, профіль і допуски трубної конічної різьби регламентовані ГОСТ 6211 – 81.

За профілем витків різьби класифікують на трикутні, трапецеїдальні, упорні, прямокутні, круглі.

За кількістю заходів різьби розрізняють на одне - і багатозахідні.

У напрямку обертання контуру різьби діляться на праві і ліві.

У верстатах, автомобілях і сільськогосподарських машинах в більшості з'єднань застосовують кріпильні різьби як для скріплення деталей між собою, так і в регулюючих пристроях. Далі будемо розглянемо допуски і посадки кріпильних метричних різьб.

Метричну різьбу підрозділяють на дві групи:

- з основним (великим) кроком;
- з дрібним кроком.

В різьбах з основним кроком кожному діаметру відповідає певний крок, а в різьбах з дрібним кроком – для кожного діаметра можуть призначатися різні кроки.

Різьба з дрібним кроком надійніша в порівнянні з різьбою з основним кроком там, де можливо самовідгвинчування. Тому різьбу з основним кроком рекомендують використовувати для з'єднання деталей, що мають постійне навантаження, без поштовхів і вібрацій. Різьбу з дрібним кроком рекомендують для деталей, що працюють зі змінним навантаженням, в умовах вібрації, через малу довжину згвинчування, для тонкостінних деталей, в різних регулюючих пристроях. Основні параметри циліндричної різьби показані на рисунку 7.1.

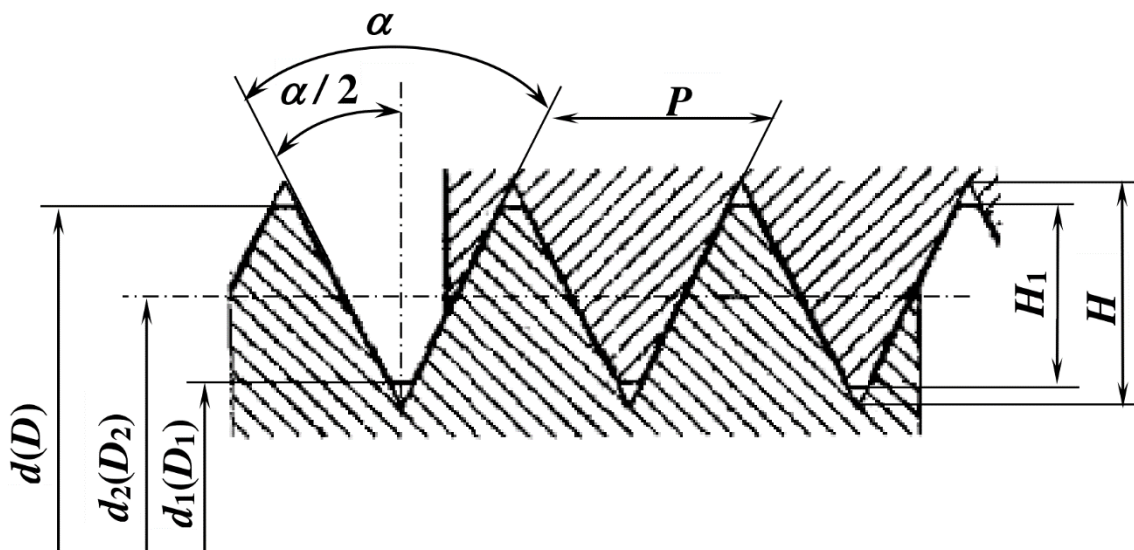


Рисунок 7.1 – Параметри метричної різьби.

Деталь з внутрішньою різьбою називають гайкою, з зовнішньої – болтом.

Зовнішній діаметр $d (D)$ – діаметр уявного циліндра, який описаного навколо вершин зовнішньої різьби або западин внутрішньої циліндричної різьби (є номінальним діаметром різьби) (рис 7.1).

Середній діаметр різьби d_2 (D_2) - діаметр уявного співвісного з різьбою циліндра, твірною якого перетинає профіль різьби таким чином, щоб ширина канавки дорівнювала ширині западини і дорівнювала половині номінального кроку різьби. З цього діаметру здійснюється контакт різьбових профілів, тому середній діаметр є основним діаметром різьби (рис 7.1).

Внутрішній діаметр різьби d_1 (D_1) – діаметр уявного циліндра, вписаного в западини зовнішньої або описаного навколо вершин внутрішньої різьби. Цим діаметром визначається небезпечний перетин болта (рис 7.1).

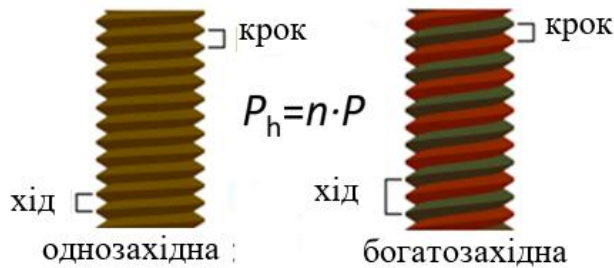


Рисунок 7.2 – Хід різьби.

Крок різьби P – відстань вздовж лінії, що паралельна осі різьби, між найближчими однойменними профілями, що лежать в одному осьовому перетині різьби (рис 7.1).

Хід різьби P_h – величина відносного переміщення гайки щодо болта за один оборот гайки відносно болта. Хід різьби $P_h = P \cdot n$, де P – крок різьби, n – число заходів різьби (рис. 7.2).

Кут профілю різьби α – кут між суміжними бічними сторонами різьби в площині осьового перерізу, для метричної різьби дорівнює 60° (рис 7.1).

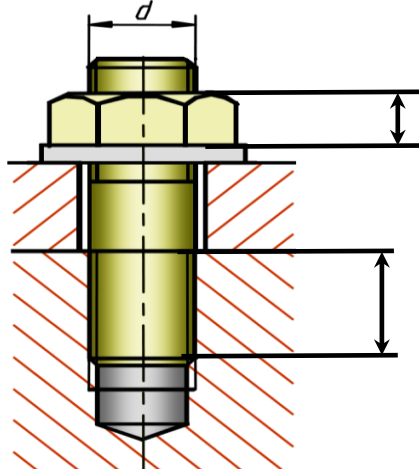


Рисунок 7.3 – Довжина згвинчування.

Половина кута профілю $\alpha/2$ – кут між бічною стороною профілю і перпендикуляром, що проходить через вершину профілю різьби і опущеним на її вісь. Вимірюючи $\alpha/2$ ліве і $\alpha/2$ праве, можна встановити ні тільки значення α , а й перекіс профілю різьби (рис 7.1).

Висота вихідного профілю різьби H – відстань між вершинами профілю різьби, що отримана при продовженні його бічних сторін, і виміряна в напрямку перпендикулярному до осі різьби (рис 7.1).

Робоча висота профілю різьби H_1 – відстань між лінією виступів вихідного профілю зовнішньої різьби і лінією западин вихідного профілю внутрішньої різьби, $H_1 = (d - D_1)/2$.

Довжина згвинчування l – довжина ділянки взаємного перекриття зовнішньої і внутрішньої

різьби, що виміряна в осьовому напрямку. При нагвинчуванні гайки на болт, довжина згвинчування дорівнює висоті гайки, при вкрученні шпильки в корпус – довжині нарізної частини шпильки (рис. 7.3).

Кут підйому різьби ψ , $tg \psi = t/(\pi \cdot d)$.

Профіль метричної різьби регламентований ГОСТ 9150-81 діаметрів від 0,25 до 600 мм, відповідно до якого передбачено

Діаметр різьби	Крок різьби	
	Основний	Дрібний
6	1	0.75; 0.5
8	1.25	1; 0.75; 0.5
10	1.5	1.25; 1; 0.75; 0.5
12	1.75	1.5; 1.25; 1; 0.75; 0.5
14	2	1.5; 1.25; 1; 0.75; 0.5
16	2	1.5; 1; 0.75; 0.5
18	2.5	2; 1.5; 1; 0.75; 0.5
20	2.5	2; 1.5; 1; 0.75; 0.5
22	2.5	2; 1.5; 1; 0.75; 0.5
24	3	2; 1.5; 1; 0.75
27	3	2; 1.5; 1; 0.75
30	3.5	3; 2; 1.5; 1; 0.75

=

для

Рисунок 7.4 – Виписка зі стандарту.

зрізи вершин різьби: $H/4$ для гайки і $H/8$ для болта. Висота вихідного контуру $H = 0,86602541 \cdot P$, значення $H_1 = 5/8H = 0,5412665877 \cdot P$. Терміни та визначення різьби і різьбових з'єднань наведені в ГОСТ 2497-94.

Метрична різьба має трикутний профіль з кутом у вершини 60 градусів, і далі буде розглядатися лише метрична різьба. Метричні різьби для діаметрів від 1 до 600 мм поділяються на два типи: різьба з основним кроком (діаметри 1 – 68 мм) і різьба з дрібним кроком (діаметри 1 – 600 мм). Починаючи з 6 мм, для кожного діаметра дрібної різьби вказується декілька дрібних кроків (рис. 7.4). На рисунку 7.4 показана лише частина таблиці для визначення кроків різьби.

При виготовленні різьбових деталей неминучими є похибки діаметрів, кроку і кута профілю різьби. Для забезпечення згвинчування і якості різьбових з'єднань необхідно, щоб дійсний контур різьбових деталей, який визначається дійсними розмірами діаметрів, кроку і кута профілю, не виходив за граничні контури різьби по всій довжині згвинчування (рис. 7.5).

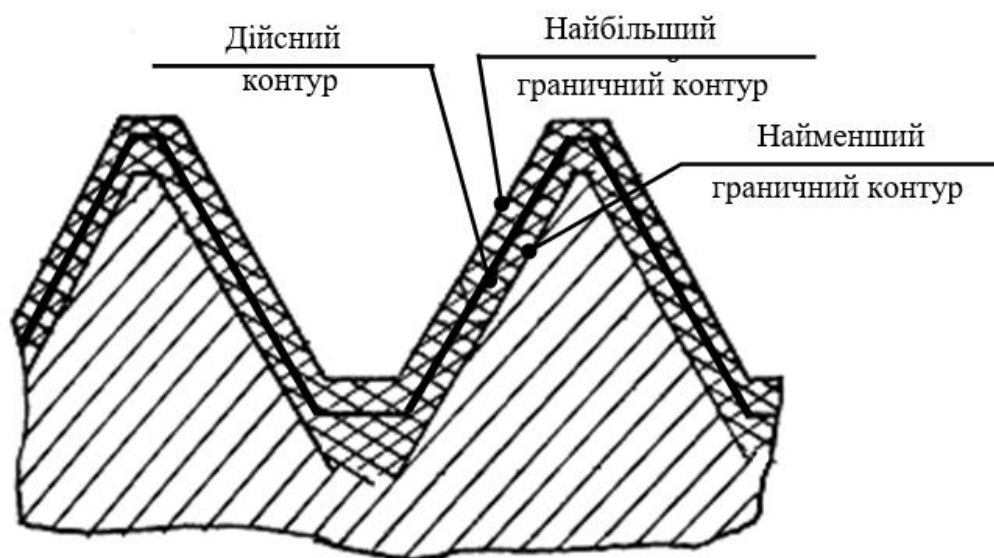


Рисунок 7.5 – Дійсний та граничні контури різьби.

На роботу різьбового з'єднання найбільше впливають відхилення кроку, кута профілю і середнього діаметра D_2 , так як вони визначають характер контакту різьбового з'єднання, його міцність і точність поступального переміщення та інші експлуатаційні якості.

У всіх циліндричних різьб з прямолінійними бічними сторонами відхилення кроку і кута профілю можуть бути компенсовані відповідною зміною середнього діаметру.

Через похибки кроку ΔP (рис. 7.6, а) профіль різьби вздовж середнього діаметра змістився з точки a в точку b . Щоб компенсувати цю похибку кроку і забезпечити згвинчування, треба зменшити середній діаметр на величину f_p , тоді профіль різьби середнього діаметру зміститься з точки b в точку c , і згвинчування буде забезпечено. З рисунку видно, що для метричної різьби діаметральна компенсація похибки кроку f_p дорівнює:

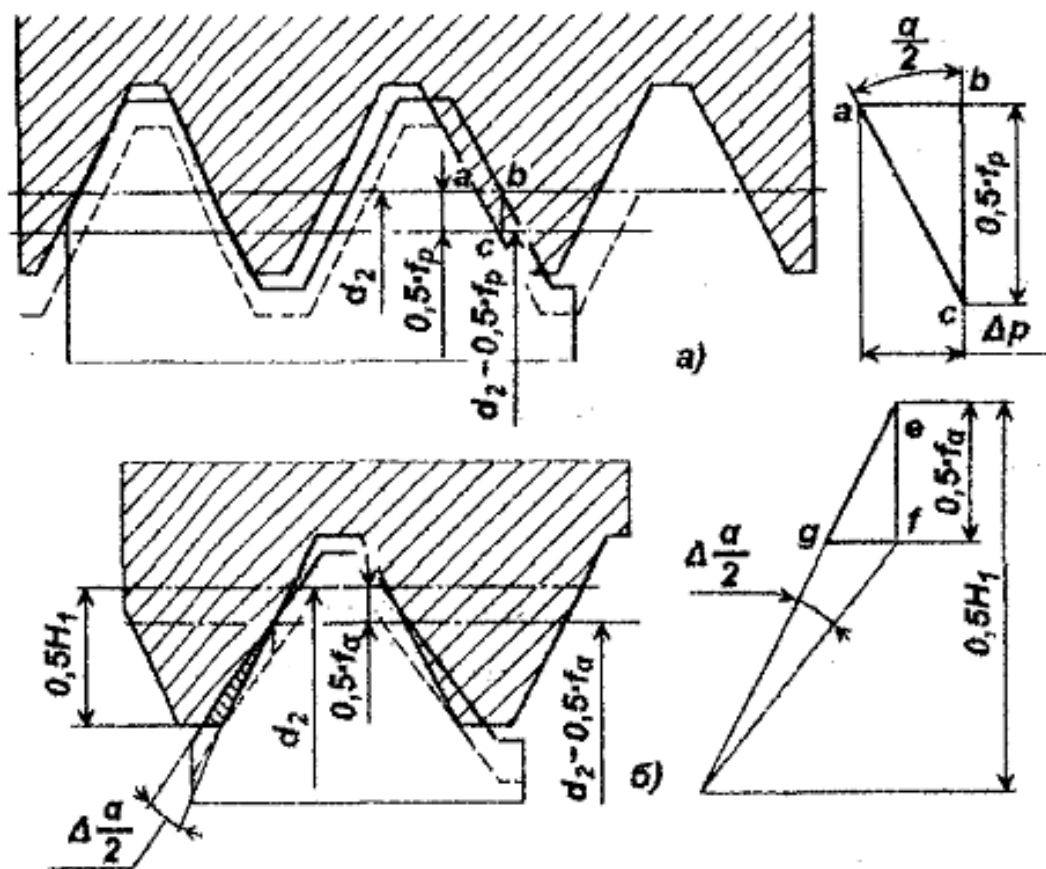
$$f_p = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cdot \Delta P = 1,732 \cdot \Delta P,$$

де f_p – діаметральна компенсація похибки кроку, мкм; ΔP – похибка кроку, мкм.

Визначати діаметральну компенсацію потрібно, взяв до уваги максимальне значення відхилення ΔP .

Залежність між відхиленням половини кута профілю різьби $\alpha/2$ і діаметральною компенсацією похибки половини кута профілю f_α можна проаналізувати на рис. 7.6, б.

Внаслідок похибки кута профілю $\alpha/2$ профіль зовнішньої різьби не може увійти в профіль внутрішньої різьби. Заштриховані трикутні ділянки заважають забезпечити згинчування. Щоб компенсувати цю похибку профілю, потрібно зменшити середній



діаметр на величину f_α , тоді профіль зовнішньої різьби зміститься з точки e в точку f і згинчування зовнішньої і внутрішньої різьби буде забезпечено.

Рисунок 7.6 – Діаметральна компенсація похибок: a – кроку різьби; b – половини кута профілю.

Діаметральна компенсація погрішності половини кута профіля f_α буде дорівнювати:

$$f_\alpha = \frac{2 \cdot H_1 \cdot \Delta \frac{\alpha}{2}}{\sin \alpha} \approx 0,36 \cdot P \cdot \Delta \frac{\alpha}{2}$$

де, f_α – діаметральна компенсація похибки кута профілю, мкм; $\Delta \alpha/2$ – похибка половини кута профілю, хв; P – крок різьби, мм.

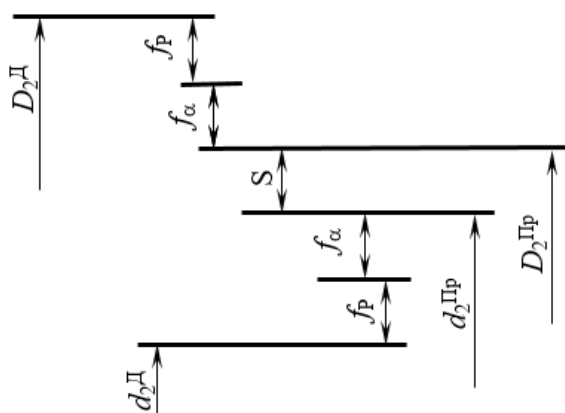


Рисунок 7.7 – Наведені середні діаметри.

Призначити допуски і граничні відхилення середнього діаметра, кроку і кута профілю занадто складно. З трьох названих параметрів простіше вимірювати середній діаметр. З'єднання різьбових деталей без змінання профілю різьби буде забезпечено, якщо різниця дійсних середніх діаметрів гайки і болта буде більше суми діаметральні

компенсацій похибок кроку і половини кута профілю деталей з'єднання (рис.7.7).

Дійсний середній діаметр болта d_2^D , збільшений на суму діаметральних компенсацій похибки кроку f_P і половини кута профілю f_α , називають **зведеним середнім діаметром болта** d_2^{3B} :

$$d_2^{3B} = d_2^D + f_\alpha + f_P.$$

Дійсний середній діаметр гайки D_2^D , зменшений на суму діаметральних компенсацій похибки кроку f_P і половини кута профілю f_α , називають **зведеним середнім діаметром гайки** D_2^{3B} :

$$D_2^{3B} = D_2^D - (f_\alpha + f_P).$$

Внаслідок взаємозв'язку між параметрами різьби, допуски на них зазвичай окремо не призначають. Призначають сумарні допуски середнього діаметра різьби, що разом обмежують відхилення середнього діаметра, кроку і кута профілю за залежностями:

$$\begin{aligned} Td_2 &= \Delta d_2 + \Delta f_\alpha + \Delta f_P, \\ TD_2 &= \Delta D_2 + \Delta f_\alpha + \Delta f_P, \end{aligned}$$

де Δd_2 і ΔD_2 – частина сумарного допуску, яка припадає на похибку власне середнього діаметра, Δf_α , і Δf_P – допуски на кут профілю і кроку, що розраховані виходячи з допустимих відхилень цих параметрів.

Питання для самоперевірки до п'ятнадцятої лекції:

1. Які типи різьби вам відомі?
2. Які параметри різьби вам відомі?
3. Де повинен знаходитися дійсний контур різьби для забезпечення згинчування?
4. Як розрахувати діаметральну компенсацію похибки кроку?
5. Як розрахувати компенсацію похибки кута профілю?
6. Що таке зведений середній діаметр різьби?
7. Як призначають допуски на параметри різьби?

Література для додаткового навчання: [1, с.354-358; 2, с.39-43].

Лекція 16

Мета лекції – ознайомиться з поняттям різьбової посадки, посадки ковзання і з зазором для метричних різьб, з полями допусків, що використовують для здійснення посадок з зазором, навчиться проставляти позначення посадок з зазором на кресленнях.

7.2 Посадки різьбових з'єднань з зазором

З'єднання різьбових деталей здійснюється по бічних сторонах профілю, тобто по середньому діаметру. Можливість контакту по виступах і западинам різьби виключається відповідним розташуванням допусків. Величина зазору по западинам болта дорівнює $H/4 - H/6 = H/12$ (рис. 7.8).

ГОСТ 16093-81 передбачає посадки ковзання і з зазором для метричних різьб діаметрів від 1 до 600 мм.

Залежно від експлуатаційних вимог щодо рухливості в різьбових з'єднаннях стандартом встановлені поля допусків, що створюють посадки трьох груп: з зазором, перехідні та з натягом.

Посадка в різьбовому з'єднанні визначає характер різьбового з'єднання деталей і визначається різницею зведених середніх діаметрів зовнішньої і внутрішньої різьби до

складання. Поле допуску різьби – сукупність полів допусків середнього і зовнішнього (для болтів) або внутрішнього (для гайок) діаметрів різьби.

В посадці з зазором поле допуску середнього діаметра внутрішньої різьби розташоване над полем допуску середнього діаметра зовнішньої різьби за рахунок чого в з'єднанні забезпечується зазор (рис. 7.9).

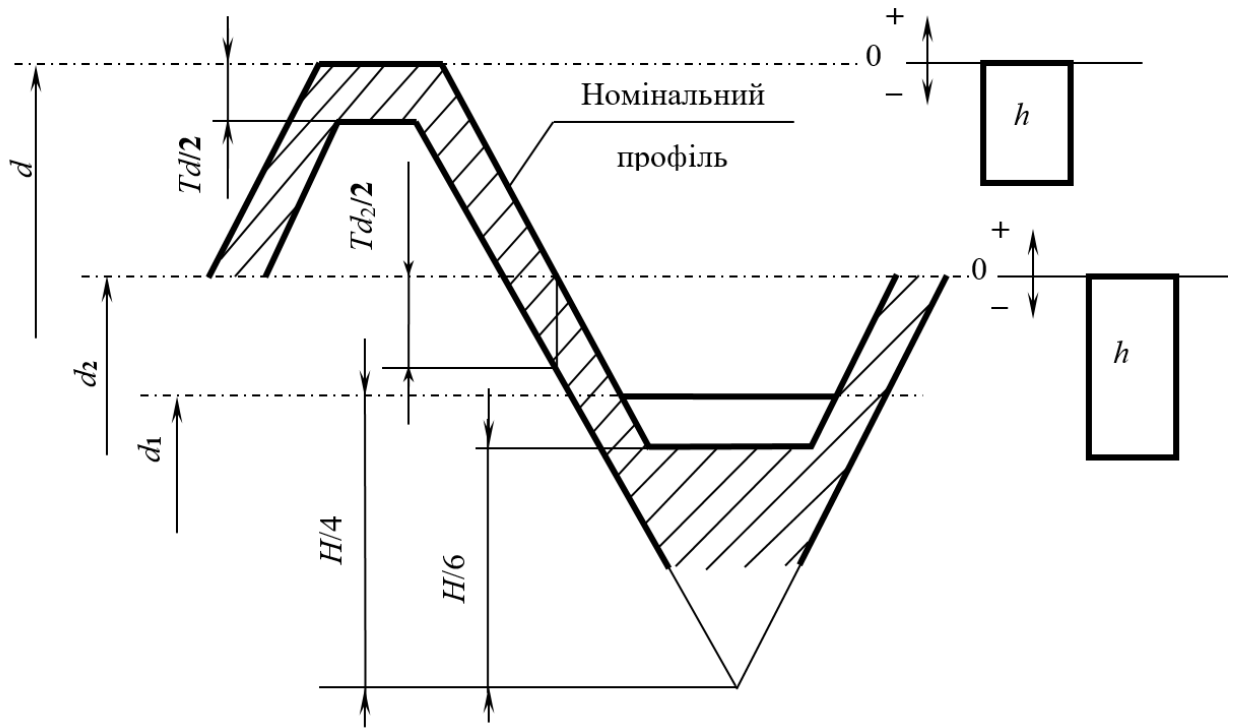


Рисунок 7.8 – Схема розташування полів допусків болта.

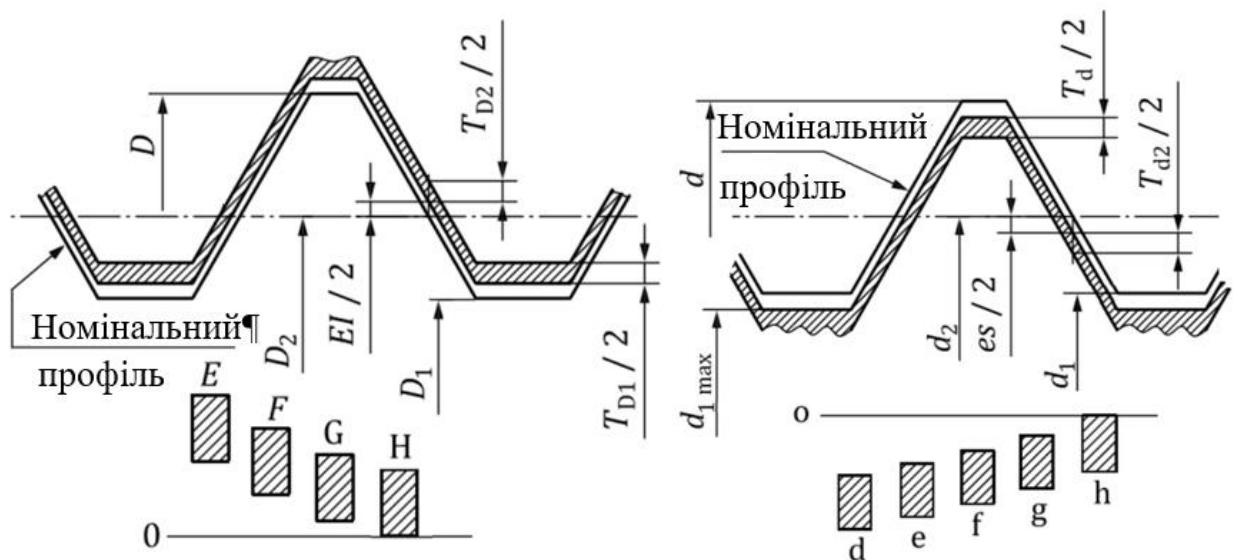


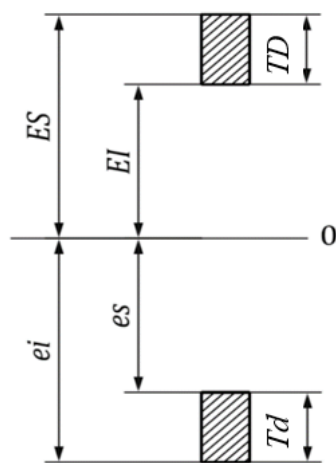
Рисунок 7.9 – Схема розташування полів допусків посадок з зазором.

До посадкам з зазором відноситься також посадка, в якій нижнє граничне відхилення середнього діаметра внутрішньої різьби збігається з верхнім граничним відхиленням середнього діаметра зовнішньої різьби, така посадка називається посадкою ковзання.

Для середнього діаметра зовнішньої різьби (d_2) встановлено п'ять відхилень (h, g, f, e, d для внутрішньої (D_2) – чотири H, G, F, E), які дозволяють отримати різні посадки з

гарантованим зазором (рис. 7.9). Для зовнішнього діаметра болтів (d) використовують поля допусків h і g , для внутрішнього діаметра гайок ($D1$) – H , G .

Основними відхиленнями для гайок є нижні відхилення EI і для болтів – верхні es . Положення другого граничного відхилення можна визначити за формулою (рис.8.10):



$$ES = EI + TD \text{ – для гайок;} \\ ei = es - Td \text{ – для болтів,}$$

Рисунок 7.10 – Положення граничних відхилень.

Всі відхилення і допуски відраховують від номінального профілю. На схемах прийнято вказувати половинні величини відхилення, а другі половини, розташовані на діаметрально протилежних профілях, які не зображують. Наприклад, на рис. 7.8 приведена профільна схема розташування полів допусків для основного відхилення h .

Для утворення посадок з зазором допускається будь-яке поєднання полів допусків зовнішньої і внутрішньої різьби. Посадка ковзання досягається поєднанням полів H і h (з нульовим гарантованим зазором). Посадка з максимальним зазором утворюється поєднанням полів E і d (рис.7.9).

Основні відхилення es і EI для різних полів розраховують за різними формулами і вони залежать від кроку різьби P , але не залежать від діаметра різьби.

Основні відхилення es і EI для різних полів розраховують за різними формулами і вони залежать від кроку різьби P , але не залежать від діаметра різьби.

$$\begin{array}{ll} es_h = 0; & EI_H = 0; \\ es_g = -(15 + 11 \cdot P); & EI_G = + (15 + 11 \cdot P); \\ es_f = -(30 + 11 \cdot P); & EI_F = + (30 + 11 \cdot P); \\ es_e = -(50 + 11 \cdot P); & EI_E = + (50 + 11 \cdot P); \\ es_d = -(80 + 11 \cdot P); & \end{array}$$

де es – верхнє відхилення d_2 , мкм; EI – нижнє відхилення D_2 , мкм.

Друга границя поля допуску, що визначає величину поля допуску, залежить від ступеня точності різьби. Стандарт встановлює 8 ступенів точності, які позначаються в порядку зменшення точності цифрами від 3 до 10. Основна ступінь точності – 6. Вибір ступеня точності залежить від довжини згвинчування і класу точності різьби.

Прийнято 3 групи довжин згвинчування різьби: короткі S , нормальні N і довгі L . Довжини згвинчування понад $2,24P \cdot d^{0,2}$ до $6,7 \cdot P \cdot d^{0,2}$ належать до нормальних, де P і d в мм, і в якості розрахункового береться середній розмір інтервалу.

Встановлено три класи точності різьби: точний, середній і грубий. Точний клас застосовують для відповідальних статично навантажених з'єднань, при високих вимогах до стабільності характеру посадки і співвісності. Середній клас включає переважно поля загального призначення. Грубий клас використовують для невідповідальних деталей або при несприятливих умовах обробки деталей (по гарячекатаній заготовки, в глухих отворах тощо).

На основі досвіду експлуатації різьбових з'єднань для кожного класу рекомендується вибирати відповідні поля допусків (табл. 7.1), переважні поля представлені в рамках. Застосування полів допусків, взятих в дужки, слід обмежити.

Позначаються допуски різьб ковзання і зазором на кресленнях наступним чином. Поле допуску будь-якого діаметра різьби, що нормують, утворюється з'єднанням ступеня

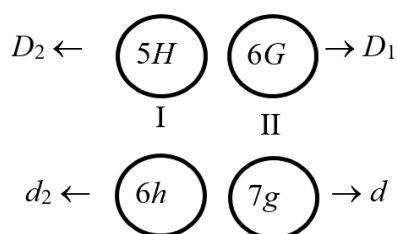
точності і основного відхилення (6H, 6g, 5h). Наприклад, 6H означає 6 ступінь точності, основне відхилення гайки H.

Позначення зазвичай складається з двох частин (рис. 7.11). В першу частину вписується позначення середнього діаметра різьби, в другу частину вписують позначення внутрішнього діаметра гайки або зовнішнього діаметра болта. Якщо позначення першої та другої частин збігаються, то позначення записується одноразово.

Таблиця 7.1 – Поля допусків, що рекомендують в різьбових з'єднаннях з зазором

Класи точності	Поля допусків в залежності від довжини згвинчування					
	Зовнішня різьба			Внутрішня різьба		
	S	N	L	S	N	L
Точний	(3h4h)	4h 4g	(5h4h)	4H	4H5H 5H	6H
Середній	5g6g (5h6h)	6f 6d 6e 6g 6h	7e6e 7g6g 7h6h	(5G) 5H	6G 6H	7G 7H
Грубий	-	8h* 8g	(9g8g)	-	7G 7H	8G 8H

* Тільки для різьби з кроком $P \geq 0,8$ мм. Для різьби з кроком $P < 0,8$ мм використовують поле допуску 8h6h.



Позначення поля допуску різьби записується після її номінального розміру. Наприклад: M12 – 6g; M16x1-6g; M12 – 6G..

Посадки різьб позначають дробом. У чисельнику вказується поле допуску гайки, в знаменнику – поле болта. Наприклад:

$$M12 - \frac{6H6G}{6h7g}$$

Рис. 7.11. Позначення полів допусків.

Таке позначення є переважним, допускається і наступне позначення:

$$M12 - 6H6G/6h7g.$$

Якщо довжина згвинчування відрізняється від нормальної, то її вказують в позначенні в мм, наприклад для групи L:

$$M12x1 - 6H/6g - 30,$$

для групи S:

$$M12x1 - 6H/6g - 2,5.$$

Ліва різьба позначається наступним чином:

$$M12x1 LH - 6H/7g.$$

Різьба з основним кроком позначається:

$$M18 - 6H/6g.$$

У випадках багатозахідної різьби після знаку множення вказують числове значення ходу різьби, за ним в дужках – букву P і числове значення кроку в мм, наприклад:

M24x3 (P1) – 6H/6g.

Питання для самоперевірки до шістнадцятої лекції:

1. Як здійснюється з'єднання різьбових деталей?
2. Які поля допусків використовують для утворення посадок з зазором?
3. Як розраховують основні відхилення полів допусків?
4. Які довжини згвинчування застосовують для різьби?
5. Які класи точності використовують для різьби?
6. Як позначають поля допусків?
7. Як позначають різьбові посадки з зазором?

Література для додаткового навчання: [1, с.359-361; 2, с.43-45].

Лекція 17

Мета лекції - ознайомитися з різьбовими перехідними посадками і навчитися проставляти їх на кресленнях деталей.

7.3 Різьби з перехідними посадками

Перехідні посадки регламентуються ГОСТ 24834-81. Стандарт поширюється на метричні різьби з діаметрами від 5 до 45 мм з кроками від 0,8 до 3 мм. Зазначені посадки застосовують в різьбових з'єднаннях, які працюють в умовах вібрацій і змінного температурного режиму з метою забезпечення нерухомості з'єднань. Як правило, це з'єднання шпильок з різьбовими отворами в корпусних деталях (рис. 7.12).



Рисунок 7.12 – Шпильки в корпусі автомобільного двигуна.

Оскільки в перехідних посадках невеликі натяги не можуть утримувати деталі від розкочування (тим більше, якщо в з'єднанні будуть зазори), необхідно в конструкції різьбового з'єднання, де використовують перехідні посадки, передбачити додаткові конструктивні елементи заклинювання різьблення:

- конічний збіг різьби (рис. 7.13, а);
- плоский буртик (рис. 7.13, б);

- циліндричний бурт (рис. 7.13, в).

Конічний збіг різьби найбільш часто застосовують для деталей, що виготовляються зі сталі, чавуну, алюмінієвих і магнієвих сплавів з наскрізними і глухими отворами з невисоким динамічним навантаженням. Для деталей застосовують такі обмеження: у верхній частині нарізного отвору внутрішню різьбу виконують з фаскою з кутом 60° ; товщина стінки корпусу повинна бути не менше $0,5 d$ для надійного розподілу радіальних напружень.

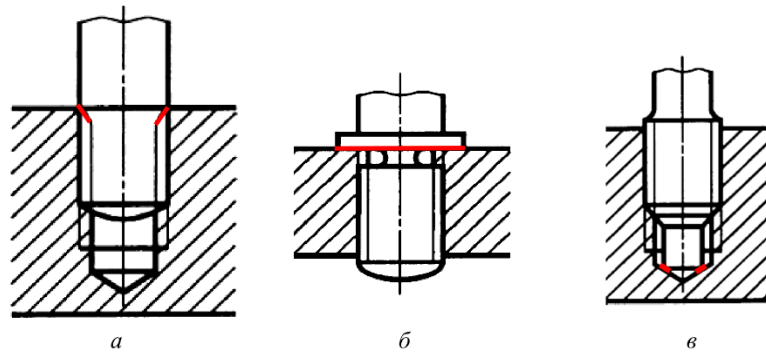


Рисунок 7.13 – Додаткові конструктивні елементи заклинювання різьби.

Циліндричний бурт застосовують для деталей, що виготовляють зі сталі, чавуну, алюмінієвих і магнієвих сплавів, тільки для глухих отворів. Він здійснює менше заклинювання, ніж плоский бурт та циліндричний бурт. Діаметр циліндричної цапфи повинен бути трохи менше діаметру внутрішньої різьби і кут конуса на кінці циліндричної цапфи повинен збігатися з кутом заточування свердла для отримання отвору для різьби.

Перехідні посадки різьбових з'єднань застосовують в тих випадках, коли в процесі роботи слід забезпечити нерухомість з'єднання, але створення великого натягу може призвести до пошкодження деталей.

При здійсненні перехідних посадок поля допусків середніх діаметрів зовнішньої і внутрішньої різьби перекриваються, тому у з'єднанні можливі як натяги, так і зазори (рис. 7.14).

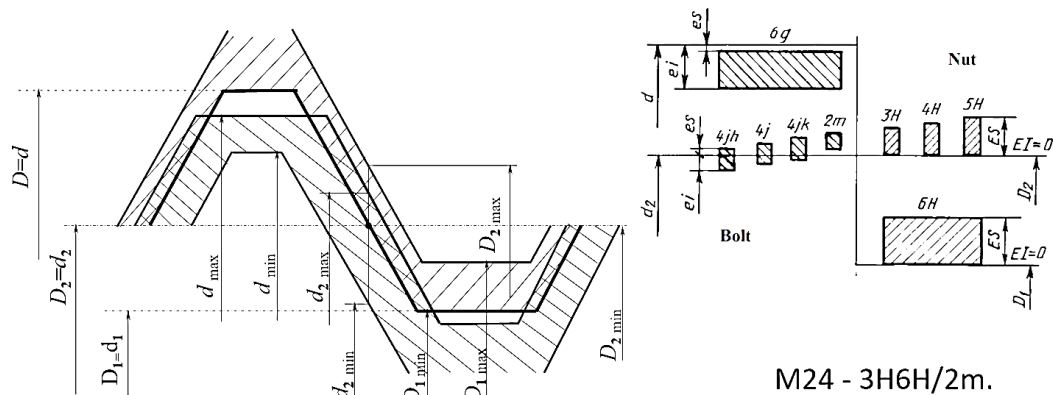


Рисунок 7.14 – Положення полів допусків перехідних посадок різьбових з'єднань.

Стандартом ГОСТ 24834-81 передбачено чотири поля допусків для зовнішньої різьби (шпильки) $4jh$, $4j$, $4jk$, $2m$ і три поля допуску для внутрішньої різьби – $3H$, $4H$, $5H$. Рекомендовані посадки наведені в таблиці 7.2, а розташування полів допусків перехідних посадок показано на рис. 7.14.

Довжина згвинчування різьбових з'єднань з перехідними посадками повинна відповідати матеріалам деталей з внутрішньою різьбою і бути в межах: для сталі 1 – 1,25; для чавуну 1,25 – 1,5; для алюмінієвих і магнієвих сплавів 1,5 – 2,0 номінального діаметру різьби.

Таблиця 7.2 – Поля допусків, що рекомендують для різьби з перехідними посадками.

Номінальний діаметр різьби, мм	Матеріал деталі з внутрішньою різьбою	Поля допусків різьби		Посадки
		зовнішньої	внутрішньої	

Від 5 до 16	Сталь	4jk	4H6H	4H6H/4jk
		2m	3H6H	3H6H/2m
	Чавун, алюмінієві і магнієві сплави	4jk	5H6H	5H6H/4jk
		2m	3H6H	3H6H/2m
Від 18 до 30	Сталь	4j	4H6H	4H6H/4j
		2m	3H6H	3H6H/2m
	Чавун, алюмінієві і магнієві сплави	4j	5H6H	5H6H/4j
		2m	3H6H	3H6/2m

Відхилення форми зовнішньої і внутрішньої різьби, які визначаються різницею між найбільшим і найменшим дійсними середніми діаметрами, не можуть перевищувати 25% допуску середнього діаметра. Зворотна конусоподібність не допускається.

Позначення перехідних різьбових посадок здійснюється за схемою для посадок з зазором, але з деякими істотними відмінностями. Так як для зовнішнього діаметра зовнішньої різьби використовуються тільки одне поле допуску 6g, то в позначенні посадок воно не позначають (табл. 7.2), приклад: M24 – 3H6H/2m.

Питання для самоперевірки до сімнадцятої лекції:

1. Як відрізняються параметри різьби для перехідних посадок від параметрів для посадок різьб з зазором?

2. Які поля допусків використовують для утворення перехідних посадок?

3. Для чого потрібні додаткові елементи заклинювання?

4. Як позначають різьбові перехідні посадки на кресленнях?

Література для додаткового навчання: [1, с.361-362; 2, с.45-46].

Лекція 18

Мета лекції - ознайомиться з посадками різьб з натягом і навчиться проставляти їх позначення на кресленнях деталей.

7.4 Посадки різьбових з'єднань з натягом

Посадки з натягом регламентуються ГОСТ 4608-81. Стандарт поширюється на метричні різьби з діаметрами від 5 до 45 мм з кроками від 0,8 до 3 мм. Ці посадки для різьбових з'єднань застосовують тоді, коли треба усунути можливість самовідвинчування тільки за рахунок натягу без застосування додаткових елементів заклинювання.

У посадках з натягом в різьбових з'єднаннях поле допуску середнього діаметра зовнішньої різьби розташоване над полем допуску середнього діаметра внутрішньої різьби, за рахунок чого в з'єднанні забезпечується натяг.

Посадки з натягом здійснюються в системі основного отвору і натяг досягається за рахунок збільшення середнього діаметра шпильки, що вкручують в різьбові отвори деталей виготовлених зі сталі, високоміцних і титанових сплавів, чавуну, алюмінієвих і магнієвих сплавів.

Стандартом (ГОСТ 4608-81) передбачено три поля допусків середнього діаметра d_2 для зовнішньої різьби (шпильки) – n , p , r (2-ий 3-ій ступенів точності) і одне поле допуску середнього діаметра D_2 для

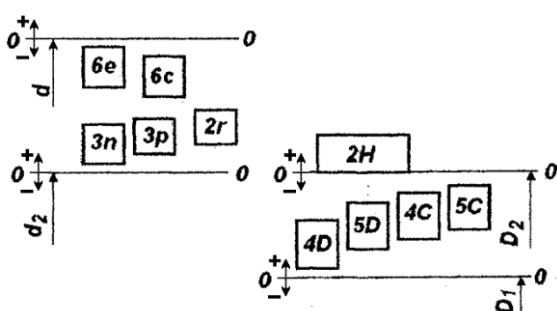


Рисунок 7.15 – Розташування полів допусків різьби з натягом.

внутрішньої різьби (отвір) – $2H$ (рис. 7.15). Поля допусків зовнішньої різьби для d встановлені $6e$ і $6c$, а внутрішньої різьби для $D_1 - 4D, 5D, 4C, 5C$. Таке розташування полів забезпечує натяг відповідно середнього діаметру і зазори відповідно зовнішньому і внутрішньому діаметрам.

Гарантований натяг, в поєднанні з полем $2H$, забезпечує тільки поле допуску r , поля допусків p і n , якщо не застосовувати спеціальних заходів, забезпечують перехідні посадки. Тому, для забезпечення гарантованого натягу, виникає необхідність в проведенні селективного складання, з сортуванням різьбових деталей відповідно до двох або трьох селективних груп (рис, 7.16).

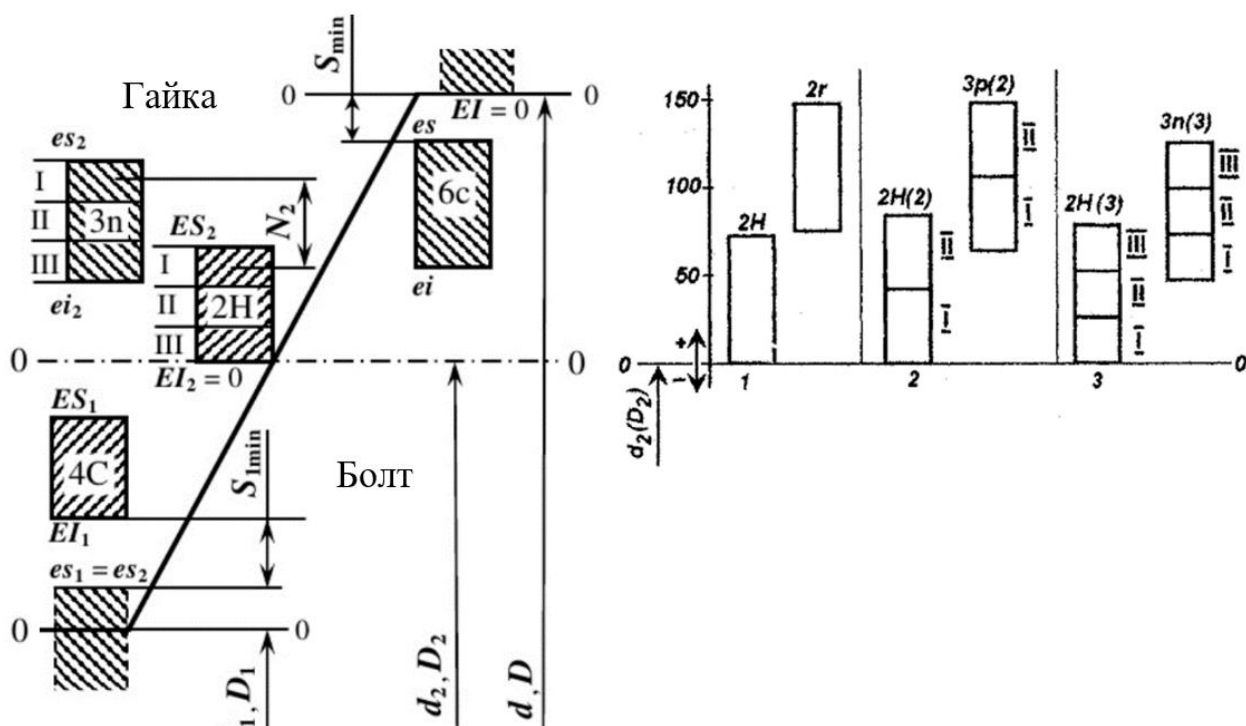


Рисунок 7.16 – Розбиття полів допусків відповідно до селективних груп.

Позначення різьбових посадок з натягом здійснюють за схемою, що прийнята для перехідних посадок (табл. 7.3), приклад: $M24 - 2H5D/2r$ або $M24 - 2H4C(3)/2n(3)$, де в дужках вказано кількість груп селективного складання.

Таблиця 7.3 – Поля допусків і посадки, що рекомендовані для різьби з натягом.

Матеріал деталі	Поля допусків		Посадки з кроком P , мм		
	Зовнішня різьба	Внутрішня різьба з кроком P , мм		від 1,25	понад 1,25
		від 1,25	понад 1,25		
Чавун і алюмінієві сплави	$2r$	$2H5D$	$2H5C$	$2H5D/2r$	$2H5C/2r$
Чавун, алюмінієві і магнієві сплави	$3p(2)$	$2H5D(2)$	$2H5C(2)$	$2H5D(2)/3p(2)$	$2H5C(2)/3p(2)$
Сталь, високоміцні і титанові	$3n(3)$	$2H4D(3)$	$2H4C(3)$	$2H4D(3)/3n(3)$	$2H4C(3)/3n(3)$

сплави					
--------	--	--	--	--	--

Питання для самоперевірки до вісімнадцятої лекції:

1. Для яких діаметрів і кроків різьб передбачені посадки з натягом?
 2. Які поля допусків використовують для утворення посадок з натягом?
 3. Для чого потрібні групи селективного складання при здійсненні посадок з натягом?
 4. Як позначають різьбові посадки з натягом на кресленнях?
- Література для додаткового навчання: [1, с.362-364; 2, с.45-46].

Лекція 19

Мета лекції - навчитися будувати діаметральні і профільні схеми полів допусків різьбових з'єднань.

7.5 Послідовність побудови полів допусків різьби

Методика побудови полів допусків різьби відрізняється від методики побудови полів допусків для гладких циліндричних з'єднань і тому вимагає детального розгляду.

Для прикладу розглянемо побудову полів допусків для посадки з зазором. Нехай задана посадка M45x2 – 6G7G/7ебе.. Відповідно до ГОСТ 24705-81 знайдемо для кроку $P = 2$ мм значення середнього діаметра d_2 (D_2) і внутрішнього діаметра d_1 (D_1) при зовнішньому діаметрі різьби $d = D = 45$ мм, що впливає з позначення різьби:

$$\begin{aligned}d_2(D_2) &= 43,701 \text{ мм;} \\d_1(D_1) &= 42,835 \text{ мм.}\end{aligned}$$

Для визначення значень d_2 (D_2) і d_1 (D_1) не обов'язково звертатися до стандарту, ці значення можна розрахувати і самостійно:

$$\begin{aligned}d_2 = D_2 &= d - 0,6495 \cdot P = 45 - 0,6495 \cdot 2 = 43,701 \text{ мм;} \\d_1 = D_1 &= d - 1,0825 \cdot P = 45 - 1,0825 \cdot 2 = 42,835 \text{ мм.}\end{aligned}$$

З ГОСТ 16093-81 для $d = D = 45$ мм і кроку різьби $P = 2$ мм, для зовнішньої різьби 7ебе знайдемо:

$$\begin{aligned}es(d) &= -71 \text{ мкм;} \\ei(d) &= -351 \text{ мкм;} \\es(d_2) &= -71 \text{ мкм;} \\ei(d_2) &= -283 \text{ мкм;} \\es(d_1) &= -71 \text{ мкм.}\end{aligned}$$

Для середнього діаметра внутрішньої різьби для поля допуску 6G:

$$\begin{aligned}EI(D_2) &= +38 \text{ мкм;} \\ES(D_2) &= +262 \text{ мкм.}\end{aligned}$$

Для внутрішнього діаметра внутрішньої різьби для поля допуску 7G:

$$\begin{aligned}ES(D_1) &= +513 \text{ мкм;} \\EI(D_1) &= +38 \text{ мкм.}\end{aligned}$$

Для обох полів допусків внутрішньої різьби для зовнішнього діаметру:

$$EI(D) = +38 \text{ мкм.}$$

Відповідно до даних, що отримані зі стандарту, для кожного з трьох діаметрів (середнього, зовнішнього і внутрішнього) будуємо схеми розташування полів допусків (рис. 7.17).

За схемою розташування полів допусків (рис. 7.11) можна розрахувати допуски і граничні значення діаметрів:

1) для зовнішньої різьби:

$$d = 45_{-0,351}^{-0,071}, \quad d_2 = 43,701_{-0,283}^{-0,071}$$

- допуски зовнішнього і середнього діаметрів:

$$Td = es(d) - ei(d) = -0,071 - (-0,351) = 0,280 \text{ мм,}$$

$$Td_2 = es(d_2) - ei(d_2) = -0,071 - (-0,283) = 0,212 \text{ мм;}$$

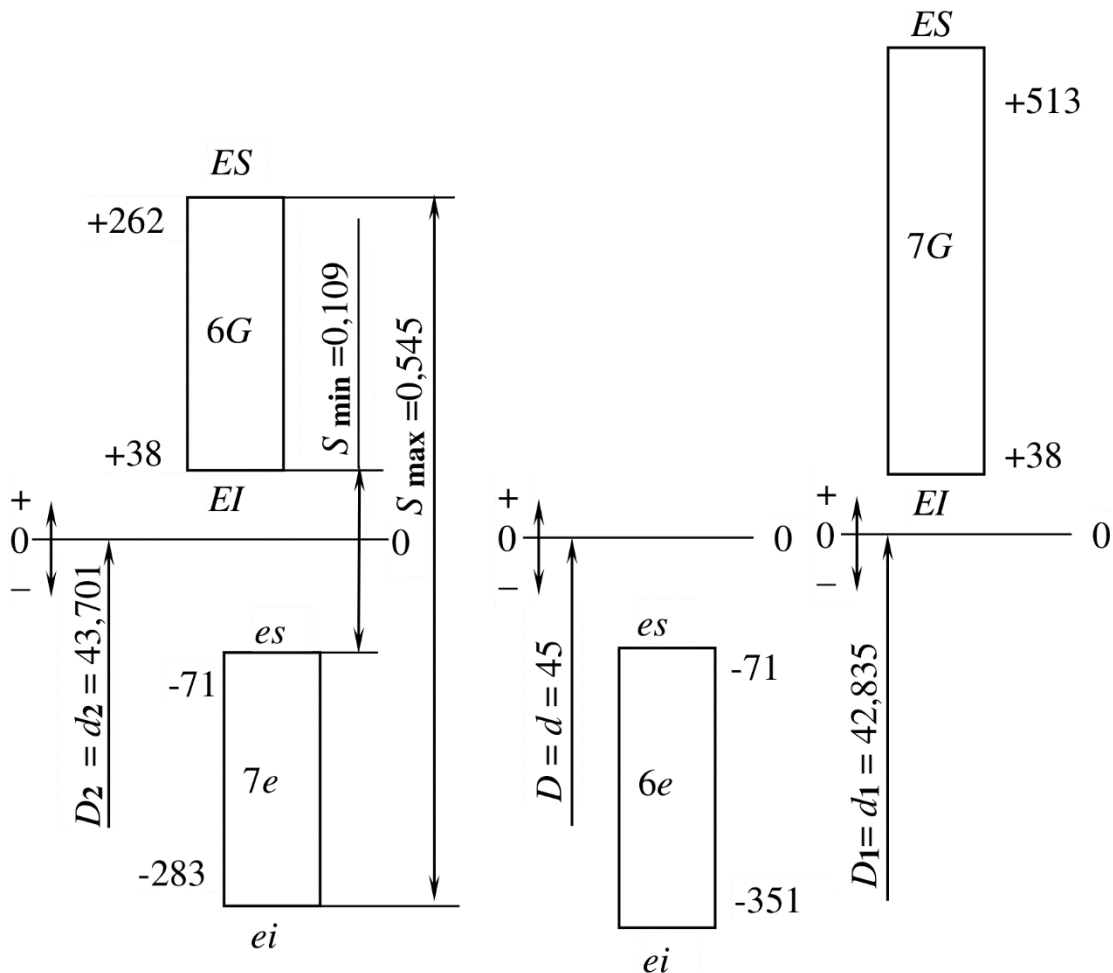


Рисунок 7.17 – Діаметральна схема розташування полів допусків різьбової посадки M45x2 - 6G7G/7e6e.

- граничні значення зовнішнього діаметра:

$$d_{max} = d + es(d) = 45 + (-0,071) = 44,929 \text{ мм,}$$

$$d_{min} = d + ei(d) = 45 + (-0,351) = 44,649 \text{ мм.}$$

- граничні значення середнього діаметра:

$$d_{2max} = d_2 + es(d_2) = 43,701 + (-0,071) = 43,630 \text{ мм,}$$

$$d_{2min} = d_2 + es(d_2) = 43,701 + (-0,283) = 43,418 \text{ мм};$$

2) для внутрішньої різьби:

$$D_2 = 43,701_{+0,038}^{+0,262}, \quad D_1 = 42,835_{+0,038}^{+0,513}$$

- допуски середнього і внутрішнього діаметрів:

$$TD_2 = ES(D_2) - EI(D_2) = +0,262 - (+0,038) = 0,224 \text{ мм},$$

$$TD_1 = ES(D_1) - EI(D_1) = +0,513 - (+0,038) = 0,475 \text{ мм};$$

- граничні значення діаметрів:

- середнього:

$$D_{2max} = D_2 + ES(D_2) = 43,701 + 0,262 = 43,963 \text{ мм},$$

$$D_{2min} = D_2 + EI(D_2) = 43,701 + 0,038 = 43,739 \text{ мм};$$

- внутрішнього:

$$D_{1max} = D_1 + ES(D_1) = 42,835 + 0,513 = 43,348 \text{ мм},$$

$$D_{1min} = D_1 + EI(D_1) = 42,835 + 0,038 = 42,873 \text{ мм}.$$

Граничні значення діаметрів будуть використані при побудові профільної схеми розташування полів допусків внутрішньої і зовнішньої різьби (рис. 7.21).

Розрахуємо найбільший і найменший зазори (по середньому діаметру) і допуск посадки:

$$S_{min} = D_{2min} - d_{2max} = 43,739 - 43,630 = 0,109 \text{ мм};$$

$$S_{max} = D_{2max} - d_{2min} = 43,963 - 43,419 = 0,545 \text{ мм}.$$

$$TS = S_{max} - S_{min} = 0,545 - 0,109 = 0,436 \text{ мм}.$$

Аналогічно обчислюємо граничні значення діаметрів різьби, в посадках з натягом і перехідних посадках.

Для посадок з натягом найбільший і найменший натяги розраховуються за формулами:

$$N_{min} = d_{2min} - D_{2max};$$

$$N_{max} = d_{2max} - D_{2min}.$$

Для перехідних посадок найбільший і найменший натяги і зазори розраховуються за формулами:

$$S_{max} = D_{2max} - d_{2min};$$

$$N_{max} = d_{2max} - D_{2min};$$

$$S_{min} = N_{min} = 0.$$

Для побудови граничних контурів зовнішньої і внутрішньої різьби необхідно використовувати діаметральну схему розташування полів допусків метричної різьби (рис. 7.17). Вона є основою для побудови профільної схеми розташування полів допусків метричної різьби (рис. 7.21).

Профільна схема різьби виконується в нижченаведеної послідовності.

Будуємо вихідний контур різьби (рис. 7.18). Для чого проводимо три паралельні лінії відповідно трьом діаметрам різьби D (d), D_2 (d_2) і D_1 (d_1). Відстань між лініями D (d) і D_2 (d_2) дорівнює $(D - D_2)/2$. Відстань між лініями D_2 (d_2) і D_1 (d_1) дорівнює $(D - D_1)/2$. Масштаб зображення ліній вибираємо з умови заповнення листа креслення таким чином, щоб відстань між лініями D (d) і D_1 (d_1) була приблизно рівна 210 – 160 мм, це дозволяє легко відкладати відхилення діаметрів в обраному масштабі на аркуші формату А3. Після

проведення цих трьох ліній, на лінії D_2 (d_2) ставлять три крапки на відстані $P/2$ одна від одної. Через ці точки проводять три похилі лінії. З першої точки проводять лінію під кутом 60° до лінії D_2 (d_2), від точки до перетину з лінією D (d). З другої точки проводять лінію під кутом 120° до лінії D_2 (d_2) до перетину з лініями D (d) і D_1 (d_1). З третьої точки проводять лінію під кутом 60° до лінії D_2 (d_2) до перетину з лінією D_1 (d_1). Кінці першої і другої похилих ліній з'єднують по лінії D (d). Кінці другої і третьої похилих ліній з'єднують по лінії D_1 (d_1). Отриманий вихідний контур різьби обводять потовщеною лінією (рис. 7.18).

Після побудови вихідного профілю різьби будують профільну схему розташування полів допусків гайки (рис. 7.19).

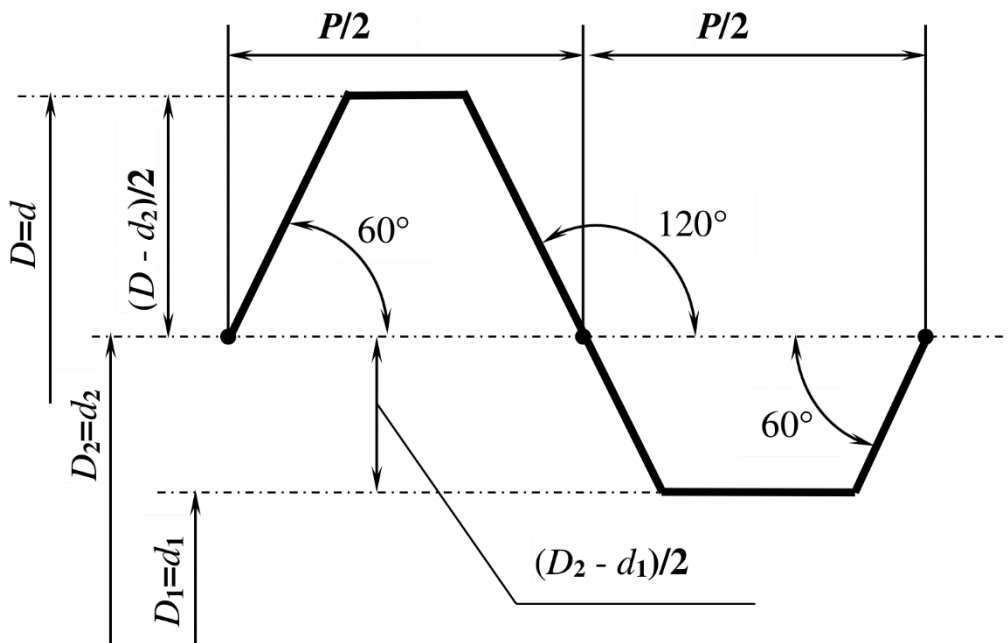


Рисунок 7.18 – Побудова вихідного контуру різьби.

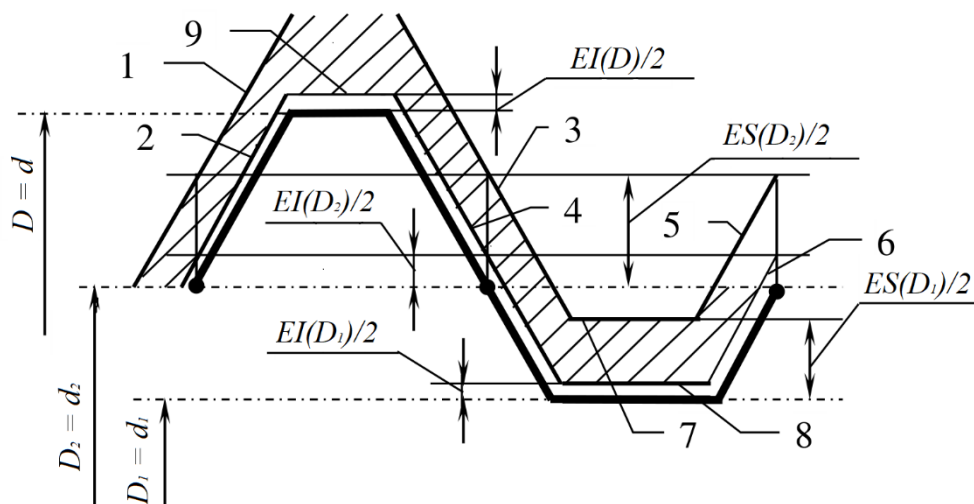


Рисунок 7.19 – Побудова профільної схеми поля допуску гайки.

Спочатку на профільній схемі нанесемо верхнє і нижнє відхилення середнього діаметра гайки. Для цього від точок перетину лінії D_2 (d_2) з вихідним профілем різьби відкладаємо чисельні значення $ES(D_2)/2$ і $EI(D_2)/2$ по вертикалі. Якщо відхилення

позитивне, то на кресленні відкладаємо цю величину вгору від лінії $D_2(d_2)$, якщо негативне – вниз. Через отримані точки проводимо дві лінії, що паралельні відповідній стороні вихідного профілю різьби (спочатку лінії 1, 2, потім 3, 4 і нарешті 5, 6). Потім нанесемо верхнє і нижнє відхилення внутрішнього діаметра гайки. Від лінії $D_1(d_1)$ відкладаємо вгору відстань, рівну $ES(D_1)/2$, якщо відхилення позитивне, і вниз, якщо відхилення негативне і проводимо лінію 7 паралельно лінії $D_1(d_1)$ до перетину з лініями 3 і 5. Аналогічно нанесемо лінію 8 паралельно лінії $D_1(d_1)$ на відстані $EI(D_1)/2$ до перетину з лініями 4 і 6. Тепер нанесемо нижнє відхилення зовнішнього діаметра гайки. Верхнє відхилення зовнішнього діаметра стандартом не визначено, і тому профільна схема у зовнішнього діаметра зверху залишається незамкненою. Від лінії $D(d)$ на відстані $EI(D)/2$ паралельно лінії $D(d)$ проводимо лінію 9 до перетину з лініями 2 і 4. Побудова профільної схеми закінчуємо штрихуванням профільних полів допусків (рис. 7.19).

Аналогічно профільної схеми розташування полів допусків гайки проводимо побудову полів допусків гвинта, відкладаючи граничні відхилення зовнішнього, середнього і внутрішнього діаметрів відповідно від ліній $D(d)$, $D_2(d_2)$ і $D_1(d_1)$ вгору або вниз по вертикалі відповідно знаку відхилення (рис. 7.20). В результаті отримуємо профільну схему розташування полів допусків нарізного сполучення (рис. 7.21).

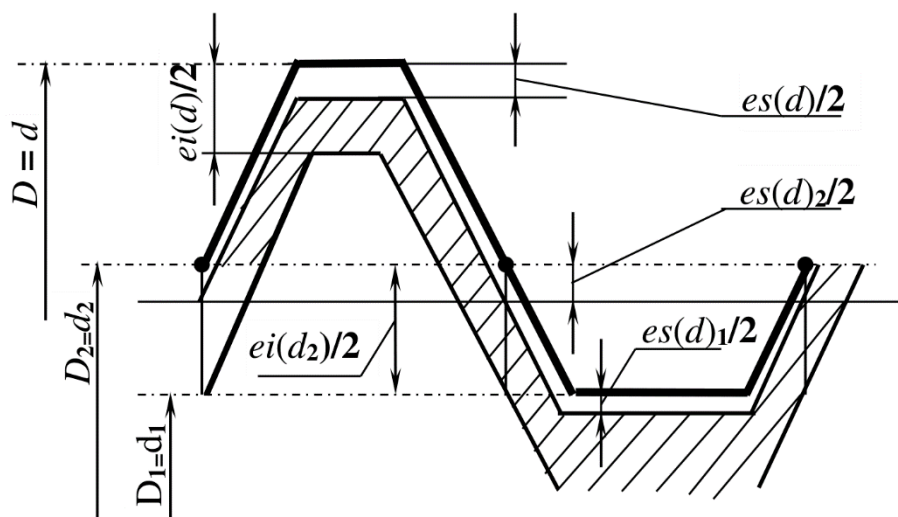


Рисунок 7.20 – Побудова профільної схеми поля допуску болта

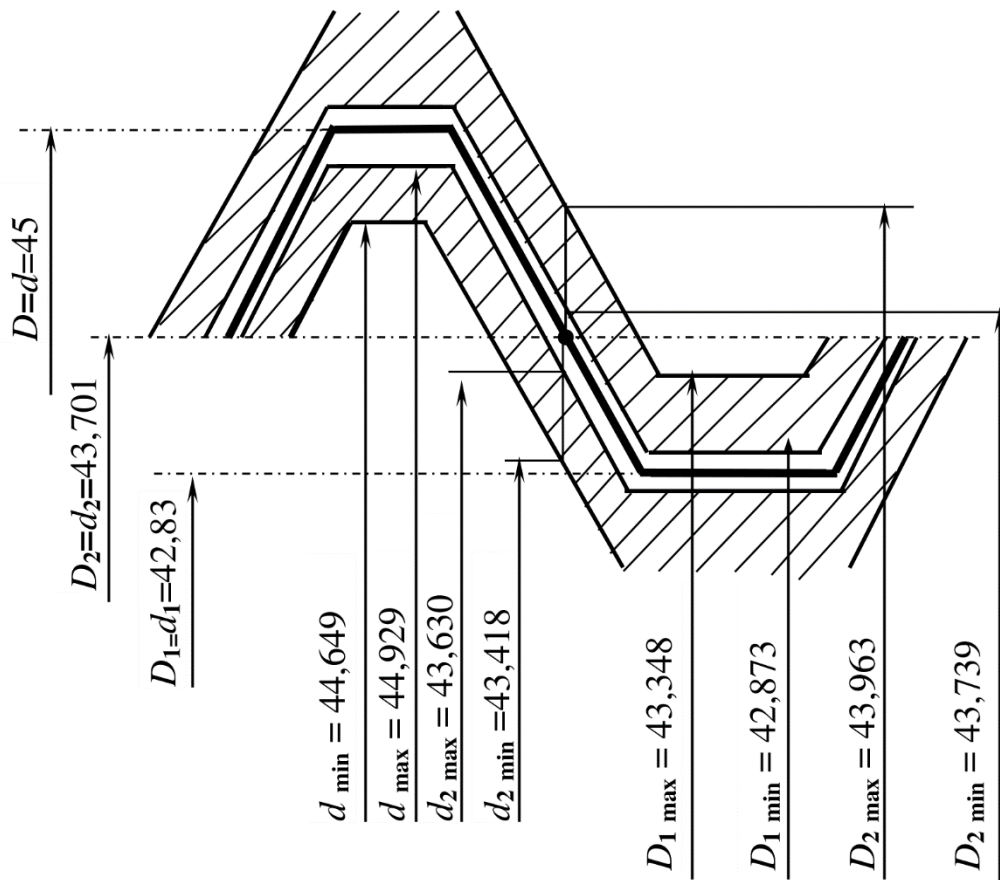


Рисунок 7.21 – Профільна схема полів допусків посадки з зазором.

Профільні схеми розташування полів допусків для різьби з натягом і перехідних різьб будують відповідно до методики, що і для посадок з зазором.

7.6 Калібри для метричної різьби

Перевірка якості різьби може виконуватися за елементами або комплексно.

Перший метод вимагає, щоб усі параметри різьби перевірялись окремо за допомогою універсальних вимірювальних інструментів. Цей метод називається диференціальним. Але цей метод дуже копіткий і застосовується лише тоді, коли необхідно знайти причину дефекту різьби деталі.

Другий метод називається комплексним. У виробничих умовах різьба перевіряється в комплексі - за допомогою різьбових калібрів. Зовнішній діаметр d болтів перевіряють за допомогою звичайних калібрів-скоб, а внутрішній діаметр гайок D_1 - за допомогою калібрів-пробок (рис. 7.22).

Контроль якості решти параметрів різьби здійснюють комплексно різьбовими



Рисунок 7.22 – Калібри для перевірки зовнішнього діаметру d та внутрішнього діаметру D_1 .

калібрами Р-ПР та Р-НЕ. Позначення «Р-ПР» означає, що деталь з різьбою легко скручується з різьбовим калібром, а термін позначення «Р-НЕ» означає, що деталь з різьбою не скручується з різьбовим калібром. Згідно з принципом Тейлора калібри різьби Р-ПР є копіями різьбової частини деталі і мають повний профіль та нормальну довжину різьби. Різьбові деталі комплексно контролюють різьбовими пробками та кільцями (рис. 7.23).



Рисунок 7.23 – Калібри для контролю різьби.

Питання для самоперевірки до дев'ятнадцятої лекції:

1. Як визначають граничні відхилення діаметрів різьби?
2. У якій послідовності будують діаметральну схему розташування полів допусків різьби?
3. Як визначаються граничні значення і допуски діаметрів різьби?
4. В якій послідовності будують вихідний профіль різьби?
5. В якій послідовності будують профільну схему поля допуску гайки?
6. В якій послідовності будують профільну схему різьби?
7. Якими калібрами контролюють різьбу?

Література для додаткового навчання: [1, с.369-376; 5, с.57-62].

Лекція 20

Мета лекції – ознайомиться з особливостями системи допусків і посадок підшипників кочення і навчиться вибирати і проставляти на кресленнях поля допусків підшипників.

8 ДОПУСКИ І ПОСАДКИ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

8.1 Особливості системи допусків і посадок підшипників кочення

Конструкції підшипників кочення наведені на рисунку 9.1. Перший – однорядний кульковий підшипник (рис.9.1, а), другий – конічний роликівий підшипник (рис.9.1, б), третій - дворядний(рис.9.1, в). Підшипник складається із зовнішнього кільця, внутрішнього кільця, елементів кочення (це кулі або ролики) та сепаратора. Підшипники кочення – це стандартні вироби. Підшипники мають повну взаємозамінність зовнішньої і внутрішньої поверхонь, якими підшипник кріпиться в корпусі і на валу та обмежену (неповну) взаємозамінність для елементів кочення. Тому для підшипників використовують селективне складання (групову взаємозамінність).

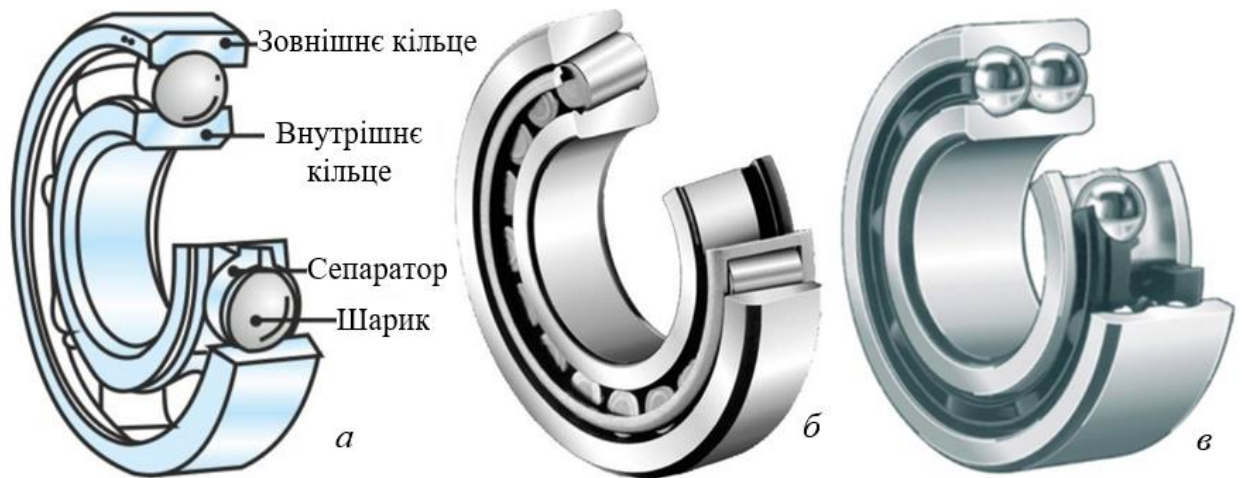


Рисунок 8.1 – Конструкції підшипників кочення: *а* - однорядний кульковий; *б* – конічний роликовий; *в* - дворядний.

Точність **підшипників кочення** визначається такими параметрами:

1. Точністю розмірів приєднувальних поверхонь;
2. Точністю форми і розташування приєднувальних поверхонь (овальність, конусоподібність, радіальне і торцеве биття, паралельність торців кілець);
3. Точністю розмірів, форми і розташування поверхонь кочення в одному підшипнику;
4. Точністю форми і розташування доріжок кочення підшипника;
5. Шорсткістю поверхонь усіх елементів підшипника.

ГОСТ 520-2002 для кулькових і роликових радіальних і кулькових радіально-упорних підшипників кочення встановлює 8 класів точності, що позначають в порядку підвищення точності в такий спосіб: 8, 7, 0 (нормальний), 6, 5, 4, Т, 2. Для роликових конічних підшипників встановлені наступні класи точності в порядку підвищення точності: 8, 7, 0 (нормальний), 6Х, 6, 5, 4, Т, 2. класи точності 8 і 7 є додатковими і підшипники цих класів виготовляють на замовлення споживачів для застосування в вузлах з низькою точністю.

Клас точності проставляють через тире перед позначенням підшипника, наприклад, 5-208, 6-36205 (рис.8.2). У загальному машинобудуванні найбільш часто застосовують 0 і 6 класи, 5 і 4 класи застосовують при великих частотах обертання, 2 – в прецизійних приладах і машинах.



Рисунок 8.2 – Позначення підшипника.

Розглянемо позначення підшипника 5-36208 (рис.8.2). Позначення підшипника читають, починаючи з правого кінця:

- дві перші цифри - це діаметр внутрішнього кільця підшипника, який множиться на 5. Винятки становлять: 00 - внутрішній діаметр підшипника дорівнює 10 мм; 01 – 12 мм; 03 – 15 мм; наступні та подальші позначення відповідають правилу: $04 \cdot 5 = 20$ мм тощо (у прикладі: $08 \cdot 5 = 40$ мм);

- третя цифра - ряд підшипників відповідно діаметрам: 0 – надлегкий; 1 – особо легкий; 2 – легкий; 3 – середній; 4 – важкий;
 - четверта цифра – тип підшипника: 0 – кульковий радіальний; 1 – сферичний радіальний кульовий тощо. У прикладі 6 – кульковий радіально-упорний;
 - остання цифра позначає конструкційні відмінності.
- Зовнішній діаметр зовнішнього кільця підшипника D регламентується як основний вал, внутрішній діаметр внутрішнього кільця d – основний отвір (рис. 8.3).

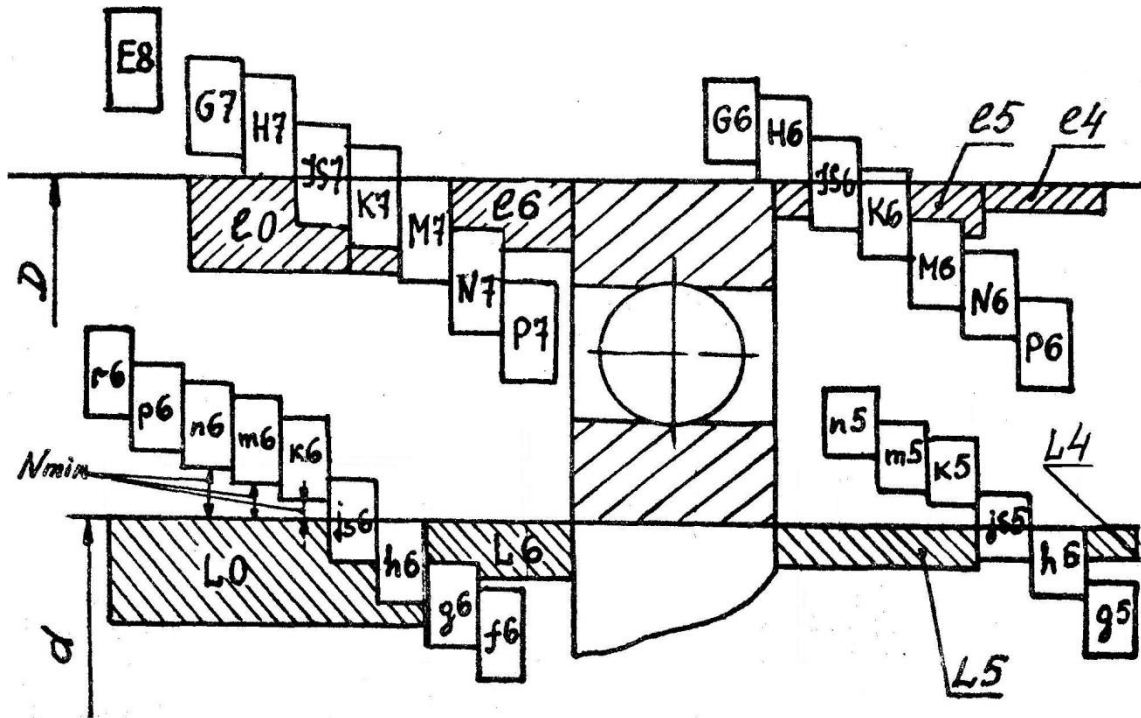


Рисунок 8.3 – Схема розташування полів допусків підшипників кочення.

При монтажі підшипників кочення застосовують як посадки з зазором, так і посадки з натягом. Вибір характеру з'єднання залежить від типу підшипника, обертання або нерухомості кільця, режиму роботи і виду навантаження.

Для компенсації теплового розширення деталей механізмів, для радіальних підшипників, для нерухомого кільця вибирають посадку з зазором, а на кільце, що обертається, вибирають посадку з натягом. Для створення нерухомих з'єднань внутрішнього кільця з валом неможливо застосовувати стандартні посадки з натягом, так як через великі натяги може статися радіальне заклинювання тіл кочення. Застосовувати спеціальні посадки з малими натягами економічно недоцільно. Тому замість поля допуску основного отвору H для внутрішнього кільця застосовують спеціальне «перевернуте» поле допуску основного отвору для підшипників кочення яке розташоване не в «плюс», а в «мінус» (на рис. 8.3 це поля $L0 - L4$). Таке "перевернуте" розташування поля допуску основного отвору забезпечує отримання малих значень N_{min} в разі застосування стандартних полів допусків валів n, m, k , які для гладких циліндричних з'єднань дають перехідні посадки.

8.2 Вибір полів допусків підшипників

Характер з'єднання кілець підшипника з корпусом і валом залежить від виду навантаження кілець. При **місцевому навантаженні** кільце сприймає радіальне навантаження F_c (постійне з напрямку), яке обмежене ділянкою доріжки кочення, яка позначена на рисунку 8.4 червоною дугою. Нерівномірний характер навантаження кільця призводить до його підвищеного місцевого зносу. Якщо зовнішнє кільце буде з'єднане з

корпусом з зазором, то під дією мікро-ударів кільце буде періодично повертатися і підставляти під навантаження ще не зношену ділянку доріжки кочення, внаслідок чого значно збільшиться довговічність підшипника.

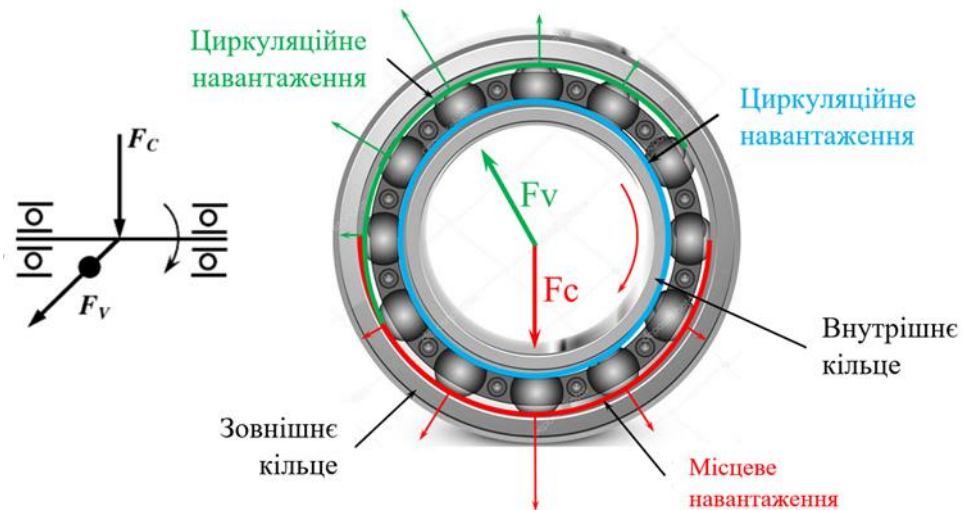


Рисунок 8.4 – Види навантаження кілець підшипника.

При **циркуляційному навантаженні** F_c , навантаження сприймається послідовно всій окружністю доріжки кочення, яка позначена на рисунку 8.4 блакитним колом. Посадка кільця, яке обертається, повинна забезпечувати гарантований натяг, що виключає можливість зміщення кільця або його проковзування відносно деталі, так як це призведе до розвальцьовування посадкової поверхні кільця або валу.

При **коливальному навантаженні** на кільце діють дві сили, постійного напрямку F_c і сили, що обертається разом з кільцем F_v . Сила F_v здійснює навантаження, що сприймається дугою доріжки кочення, яка позначена на рисунку 8.4 зеленою дугою, що постійно обертається разом з кільцем, причому $F_c > F_v$. В цьому випадку в залежності від місцевого або циркуляційного навантаження кільця під дією F_v на нього призначають або перехідну посадку з середнім зазором або з середнім натягом відповідно.

Підшипникові посадки на кресленні позначають дробом, замість полів допусків кілець підшипників вказують клас точності підшипника з буквою l для зовнішнього кільця і L – для внутрішнього. Наприклад, запис $\varnothing 20L6/k6$ відноситься до з'єднання підшипника з валом, а запис $\varnothing 52G6/l6$ – з корпусом.

Питання для самоперевірки до двадцятої лекції:

1. Якими параметрами визначається точність підшипників?
2. Які класи точності застосовують для нормування точності підшипників?
3. Які види навантаження кілець можуть бути у підшипників?
4. Як вибирають посадки для кілець підшипника?
5. Як позначають підшипникові посадки на кресленнях?

Література для додаткового навчання: [1, с.323-328; 2, с.46-49].

Лекція 21

Мета лекції – навчитися розраховувати допустимі натяги кілець підшипників і вибирати посадки на них.

8.3 Розрахунок і вибір посадок підшипників кочення

Під час вибору посадок підшипників кочення необхідно обчислити і вибрати посадки (на вал і отвір в корпусі), розрахувати натяги. Виконати це завдання значно

простіше, якщо побудувати графічну схему розміщення полів допусків на приєднувальні розміри валу і корпусу.

Посадку підшипників кочення на вал і в отвір корпусу вибирають в залежності від типу і розміру підшипника, умов його експлуатації, величини і характеру діючих на нього навантажень і виду навантажень кілець. Існує ряд відмінностей підшипникових посадок від посадок гладких циліндричних з'єднань, про було сказано вище.

Діаметри зовнішнього і внутрішнього кілець підшипника визначають зі стандарту в залежності від номера підшипника. Посадку з'єднання зовнішнього кільця з корпусом здійснюють в системі валу, а посадку з'єднання внутрішнього кільця з валом – в системі отвору.

Якщо на кільце діє циркуляційне навантаження, то воно не повинно зсуватися під дією навантаження для запобігання зносу посадкового місця. Тому таке кільце підшипника має з'єднатися з деталлю з натягом.

Щоб запобігти розриву кільця підшипника, обрану посадку слід перевірити так, щоб максимальний натяг кільця не перевищував допустимого значення навантаження. Для цього розраховують максимально допустимий натяг, виходячи з міцності кільця $[N_{max}]$:

$$[N_{max}] = \frac{11,4 \cdot K_c \cdot d \cdot [\sigma_p]}{(2 \cdot K_c - 2) \cdot 10^3} \quad (8.1)$$

де $[\sigma_p]$ – допустиме напруження на розтягування, МПа (для підшипників $[\sigma_p] = 400$ МПа); $K_c = 2,8$ – для підшипників легкої серії та середньої серії – 2,3; важкої – 2; d – діаметр внутрішнього кільця, м.

Для забезпечення необхідної міцності з'єднання кільця підшипника з валом (відсутність прослизання) слід перевірити, щоб мінімальний натяг посадки не був менше розрахункового значення $[N_{min}]$:

де R – радіальне навантаження кільця, Н; B – ширина кільця підшипника, м; r – радіус округлення або ширина фаски кільця підшипника, м.

$$[N_{max}] = \frac{13 \cdot R \cdot K_c}{(B - 2 \cdot r) \cdot 10^6} \quad (8.2)$$

Приклад. Вибрати посадку циркуляційно навантаженого внутрішнього кільця радіального однорядного підшипника № 308 класу точності 0 ($d = 50$ мм, $D = 130$ мм, $B = 23$ мм, $r = 2,5$ мм). Радіальне навантаження $R = 4,2$ кН, легка серія.

Розрахуємо максимально допустимий натяг і мінімальний допустимий натяг:

$$[N_{max}] = \frac{11,4 \cdot 2,8 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{(2 \cdot 2,8 - 2) \cdot 10^3} = 0,117 \text{ мм} = 117 \text{ мкм},$$

$$[N_{max}] = \frac{13 \cdot 4,2 \cdot 2,8}{(23 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^6} = 0,0085 \text{ мм} \approx 9 \text{ мкм}.$$

З стандарту на гладкі циліндричні з'єднання вибираємо таке поле допуску на вал, який входить у внутрішнє кільце підшипника, щоб воно забезпечило мінімальний натяг більший ніж $[N_{min}]$ і максимальний більше ніж $[N_{max}]$. Таким умовам задовольняє поле допуску $т6$. При з'єднанні з полем допуску $L0$ внутрішнього кільця

$$N_{max} = es - EI = 25 - (-12) = 37 \text{ мкм},$$

$$N_{min} = ei - ES = 9 - 0 = 9 \text{ мкм},$$

що відповідає умові:

$$(N_{max} = 37) \leq [N_{max}] = 117,$$

$$(N_{min} = 9) \geq [N_{min}] = 9.$$

Схема розташування полів допусків підшипника для розглянутого прикладу приведена на рис. 8.5.

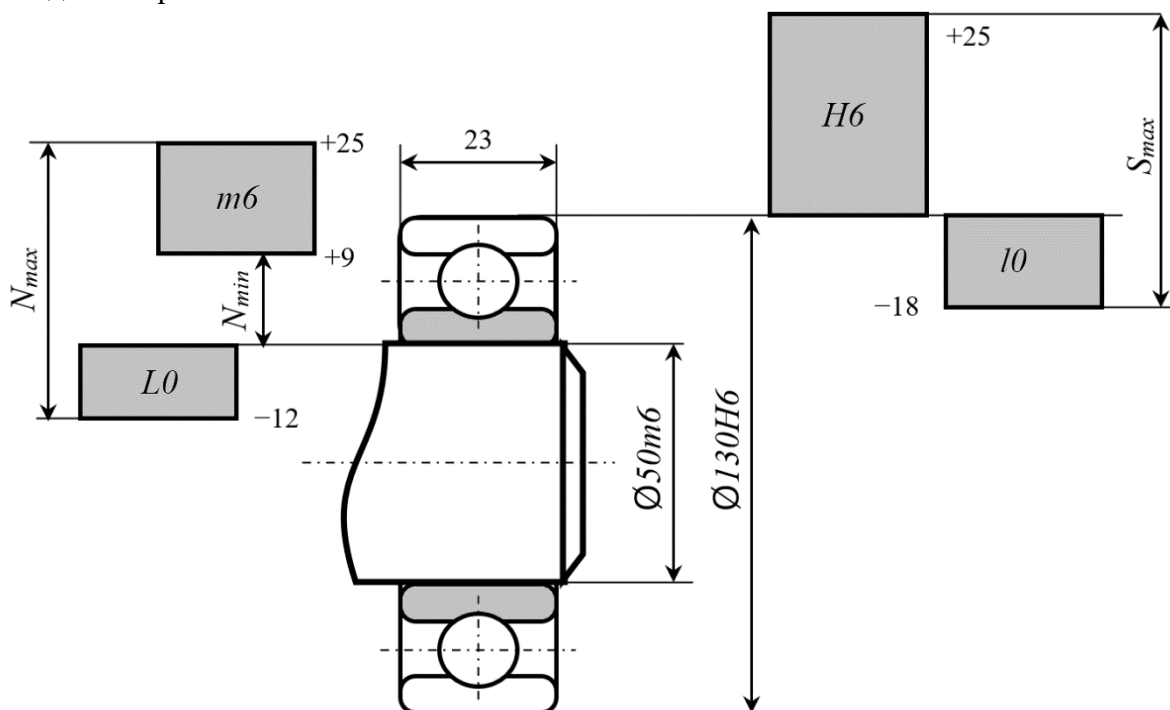


Рисунок 8.5. Схема розташування полів допусків підшипника і позначення підшипникових посадок на кресленні.

Поля допусків на кільця, на які діє місцеве навантаження, вибирають з таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Рекомендовані поля допусків валів і отворів в корпусах для підшипників качення з місцевим навантаженням кілець.

Типи підшипників	номінальний діаметр	Поля допусків		
		валів (осей)	отворів в корпусі	
			нероз'ємних	роз'ємних
Навантаження спокійне або з помірними поштовхами і вібрацією, навантаження до 150%				
Всі типи, крім штампованих голчастих	До 80	$h5, h6, g5, g6, g5, g6, f6^*, js6, f6, js6$	$H6, H7$	$H6, H7, H8^*$
	Понад 80 до 260		$G6, G7$	
	Понад 260 до 500			
Навантаження з ударами і вібрацією, навантаження до 300%				
Всі типи, крім штампованих голчастих і роликкових конічних дворядних	До 80	$h5, h6$	$Js6, Js7$	$Js6, Js7$
	Понад 80 до 260		$H6, H7$	
	Понад 260 до 500	$g5, g6$		
Навантаження будь-яке				
Штамповані голчасті	Все розміри	$k5, k6^{**}, js5, js6^{**}$	$K6, K7^{***}, Js6, Js7$	$Js6, Js7$ (в сталюму стакані)

* Поля допусків f_6 и $H8$ застосовувати при частоті обертання не більше 60% от гранично допустимої. ** З'єднання підшипників з валами $k5$ $k6$, $js5$, $js6$ здійснювати за допомогою селективного складання.*** Для корпусів з кольорового металу

Питання для самоперевірки до двадцять першої лекції:

1 З яких умов розраховується $[N_{\max}]$?

2. З яких умов розраховується $[N_{\min}]$?

3. Як визначаються посадки на кільця, на які діє місцеве навантаження?

Література для додаткового навчання: [1, с.327-330; 5, с.33-35].

Лекція 22

Мета лекції - ознайомиться з вимоги до точності зубчастих передач і основними параметрами кінематичної точності.

9 ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

9.1 Вимоги до точності зубчастих передач

Реальна зубчата передача, на відміну від теоретичної, завжди має гарантований бічний зазор, тобто контакт зубів здійснюється тільки по правим чи лівим боковим поверхням зубів. Передаточне відношення змінне за один оборот колеса, при переході контакту від зуба до зуба. Бічний зазор необхідний для запобігання заклинювання зубів від нагрівання, для протікання мастила, а також для компенсації похибки виготовлення і складання передачі.

Залежно від призначення зубчасті передачі підрозділяють на такі групи.

Відлікові передачі входять до складу точних вимірювальних приладів, слідкуючих систем, ділильних механізмів верстатів тощо. Ці передачі працюють при малих навантаженнях і низьких швидкостях. Основна експлуатаційна вимога – висока кінематична точність і узгодженість кутів повороту веденого і ведучого коліс. Найчастіше це колеса з малими модулями.

Швидкісні передачі входять до складу коробок передач, редукторів турбін, двигунів тощо. Працюють ці передачі при високих швидкостях (до 120 м/с) і достатніх потужностях. Головна точнісна вимога в цих умовах – плавність роботи, тобто безшумність і відсутність вібрацій, які викликані циклічними похибками, та які багаторазово повторюються за один оборот колеса. Зубчасті колеса, як правило, мають середні значення модуля.

Силові передачі працюють в механізмах вантажопідйомних, землерийних, будівельних і дорожніх машин тощо. Вони передають значні зусилля при малих швидкостях. Основна вимога – повнота контакту зубів. Зазвичай це колеса великого модуля.

Передачі загального призначення, до яких не пред'являють підвишених вимог, але зате контролюють за всіма видами точності одночасно, використовують такі передачі в загальному машинобудуванні.

9.2 Система допусків і посадок для циліндричних зубчастих коліс

ГОСТ 1643-81 поширюється на евольвентні циліндричні зубчасті колеса і зубчасті передачі зовнішнього і внутрішнього зачеплення з прямозубими, косозубими і шевронними зубчастими колесами з діаметром ділильного кола від 6 до 300 мм, модулем зубів від 1 до 55 мм, шириною зубчастого вінця від 1 до 250 мм. Евольвентний профіль зуба отримують під час механічної обробки заготовок методом обкатування (без

ковання) за допомогою зуборізних інструментів. При цьому профіль і геометричні параметри зубів зубчастих коліс повинні відповідати ГОСТ 13755-81.

Для зубчастих коліс і передач встановлено дванадцять ступенів точності, що позначають в порядку убутання точності арабськими цифрами від 1 до 12. Для ступеня точності 1 і 2 допуски і граничні відхилення в ГОСТ 1643-81 не наводять, тому що ці ступені передбачені для перспективного розвитку машинобудування, коли технологія зубонарізування зможе забезпечити необхідну точність.

Зі ступенями точності 3 – 5 виготовляють: вимірвальні зубчасті колеса, які використовують для контролю зубчастих коліс загального призначення; колеса, що застосовують в особливо точних ділільних механізмах та зуборізних інструментах. Зубчасті колеса ступенів точності 5 – 8 широко застосовують в авіаційній, автомобільній та інших галузях промисловості. Найбільшого поширення в машинобудуванні мають зубчасті колеса 7-го ступеня точності, що обробляють методом обкату на точних верстатах з подальшою додатковою обробкою для коліс, що піддаються загартуванню (шліфування, хонінгування). Такі колеса широко використовуються в металорізальних верстатах, швидкісних редукторах, автомобілях і тракторах. Зубчасті колеса ступеня точності 8 – 11 застосовують у вантажопідйомних механізмах і сільськогосподарських машинах. За 12-го ступеня точності виготовляють зубчасті, які не піддаються механічній обробці, наприклад литі або отримані пластичним деформуванням.

Розрахунковим ступенем точності є шостий ступінь. Для цього ступеня точності розраховувалися допуски, а для інших ступенів числові значення допусків визначалися множенням або діленням допусків 6-го ступеня на коефіцієнти переходу. В межах одного ступеня точності величини допусків і граничних відхилень для різних показників точності пов'язані між собою аналітичними залежностями, що наведені в стандарті.

Вибір ступеня точності передачі робить конструктор на основі конкретних умов роботи передачі і тих вимог, які до неї пред'являють (окружної швидкості, потужності, режиму роботи тощо).

При виборі ступенів точності використовують один з трьох методів: розрахунковий, прецедентів (аналогів) або подібності (табличний).

Переважним є розрахунковий метод, при якому необхідний ступінь точності визначають на основі кінематичного розрахунку похибок всієї передачі, розрахунку динаміки передачі, вимог до вібрацій і шуму передачі, розрахунку на контактну міцність і довговічність.

При методі прецедентів ступінь точності передачі, що проектують приймають аналогічним ступеню працюючої передачі, для якої є позитивний досвід експлуатації.

При методі подібності для вибору ступеня точності використовують узагальнені рекомендації і таблиці, в яких містяться приблизні значення окружних швидкостей для кожного ступеня точності.

Для кожного ступеня точності встановлені показники точності, які зведені в три групи, що звуть нормами точності: норми кінематичної точності, плавності і контакту зубів. Такий поділ викликано тим, що в залежності від призначення і умов роботи зубчастих коліс і передач, пред'являються різні вимоги до точності виконання їх елементів.

Це дозволяє в одній передачі комбінувати ступеня точності, тобто призначати різні ступені точності за нормами точності, це доцільно в тих випадках, коли за умовами роботи зубчастого зачеплення одні показники точності виявляються важливішими інших. Наприклад, для тихохідних силових передач норми контакту зубів призначають за вищими ступенями точності, ніж норми кінематичної точності і плавності роботи колеса, а для передач відлікових механізмів норми контакту нормують більшими ступенями ніж параметри норми кінематичної точності.

Комбінування за ступенями точності норм точності дозволяє на важливі функціональні параметри задавати більш високі, а на другорядні – знижені вимоги до точності, що також визначає вибір технологічних операцій формування профілів зубів. Викінчувальні операції істотно підвищують точність колеса лише щодо показників одного виду норм. Наприклад, шліфування зубів збільшує головним чином кінематичну точність, шевінгування – плавність роботи, а притирання – контакт зубів.

Між показниками точності зубчастих коліс існує певний взаємозв'язок, тому практично неможливо виготовити колеса зі значним розривом в ступенях точності за окремими показниками. Стандарт встановлює обмеження при комбінуванні норм різних ступенів точності: норми плавності роботи зубчастих коліс і передач можуть бути не більше ніж на два ступені точніше або на один ступінь менш точні ніж норми кінематичної точності; норми контакту зубів можуть призначатися за будь-яким ступенями, більш точним, ніж норми плавності роботи зубчастих коліс і передач, а також на одну ступінь менш точні ніж норми плавності.

Якщо ж експлуатаційні вимоги до передачі за всіма показниками однакові, то для всіх показників точності коліс (норм точності) призначають один ступінь точності.

При умовному позначенні нормованих показників точності за нормами точності дотримуються наступних правил. Показники для зубчастих коліс конкретизують додаванням індексів: 1, 2 і 0 відносяться до шестерні, колеса і передачі відповідно. При вимірюванні показників точності виготовлених зубчастих коліс і складених зубчастих передач в кінець індексу додають букву *z*. Якщо її в позначенні немає, то числові значення відповідних показників є стандартними, а не вимірюваними.

Наявність в позначенні показника точності одного штриха означає, що контроль даного показника має здійснюватися при однопрофільному зачепленні, наявність двох штрихів зобов'язує проводити контроль при двох-профільному зачепленні. Показники без штрихів в основному перевіряють на окремо взятих зубчастих колесах. Показники зубчастих коліс перевіряють в зачепленні з вимірювальним, більш точним колесом, а передачі – в зачепленні з парним робочим колесом.

9.2.1 Кінематична точність

Норми кінематичної точності визначають точність передачі обертання з одного валу на інший, тобто величину повної похибки (погрішності) кута повороту веденого зубчастого колеса в межах його повного обороту.

Кінематичною похибкою передачі $F_{к.п.п.}$ називають різницю між дійсним φ_2 і номінальним (розрахунковим) φ_3 кутами повороту веденого зубчастого колеса 2 (рис. 9.1) передачі, що виражена в лінійних величинах довжиною дуги його ділильного кола, тобто $F_{к.п.п.} = (\varphi_2 - \varphi_3) r$, де r – радіус ділильного кола веденого колеса.

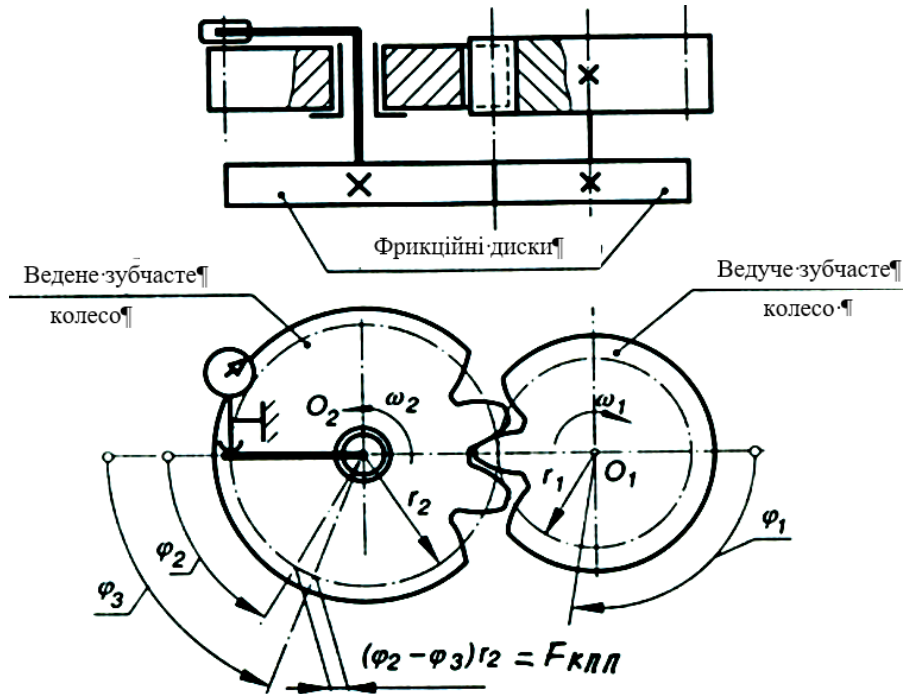


Рисунок 9.1 – Визначення кінематичної похибки передачі.

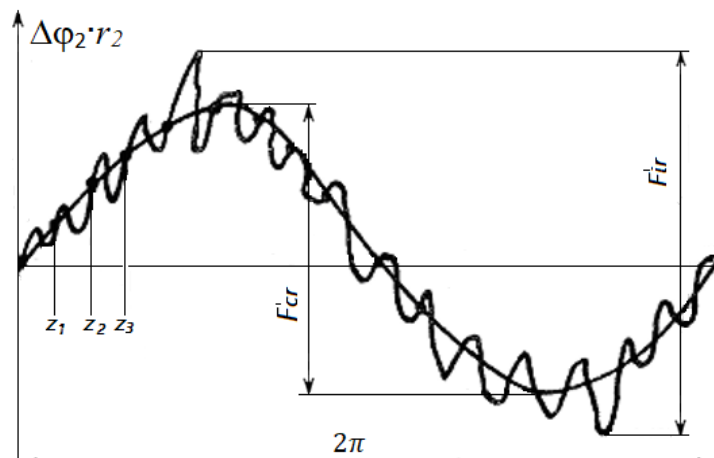


Рисунок 9.2 – Кінематична похибка зубчастого колеса

Найбільша кінематична похибка передачі обмежена допуском F'_{io} . Допуски на найбільшу кінематичну похибку передачі (зубчастого колеса) в стандарті не наведено. Вони є підсумок допусків на кінематичну похибку її коліс, тобто $F'_{io} = F'_{i1} + F'_{i2}$.

Кінематичною похибкою зубчастого колеса F'_{ir} (рис. 9.2) називають найбільшу різницю між дійсним і номінальним (розрахунковим) кутами повороту зубчастого колеса, яка визначена вздовж ділильної окружності. Вона визначається аналогічно $F_{к.п.п.}$, але замість ведучого колеса використовують дуже точне вимірювальне (3 – 4 ступень точності) колесо.

Кінематичну точність коліс визначають наступні похибки:

- накопичена похибка k кроків F_{pkr} ;
- накопичена похибка кроку зубчастого колеса F_{pr} ;
- похибка обкату F_{cr} ;
- радіальне биття зубчастого вінця F_{rr} ;
- коливання довжини загальної нормалі F_{vW} ;

- коливання вимірювальної міжосьової відстані F''_{ir} .

Розглянемо найбільш значущі параметри.

Радіальне биття зубчастого вінця F_{rr} – різниця дійсних граничних положень вихідного контуру в межах зубчастого колеса (від його робочої осі) (рис. 9.3). Дана похибка обмежується допуском F_r .

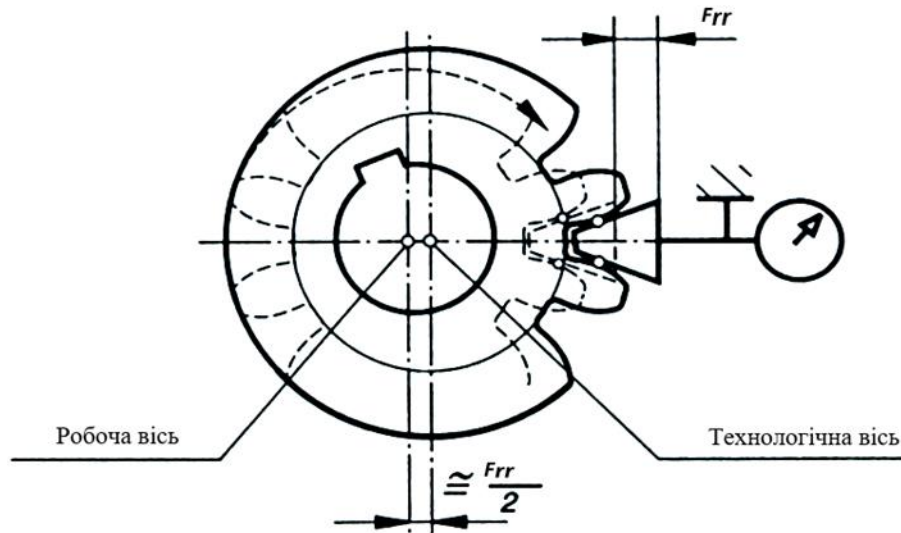


Рисунок 9.3 – Радіальне биття зубчастого вінця.

Коливання довжини загальної нормалі $F_v W_r$ – різниця між найбільшою і найменшою дійсними довжинами загальної нормалі одного зубчастого колеса (рис. 9.4), $F_v W_r = W_{max} - W_{min}$.

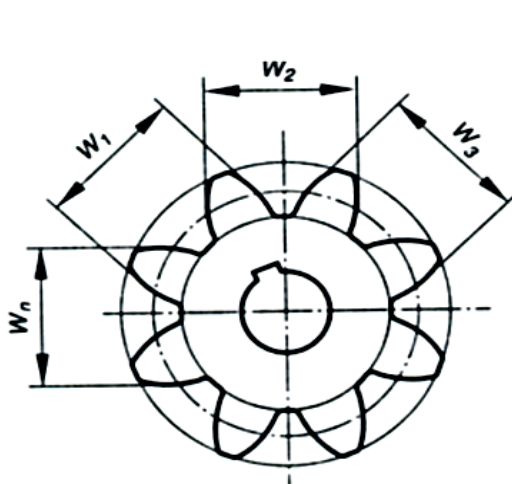


Рисунок 9.4 – Довжина загальної нормалі

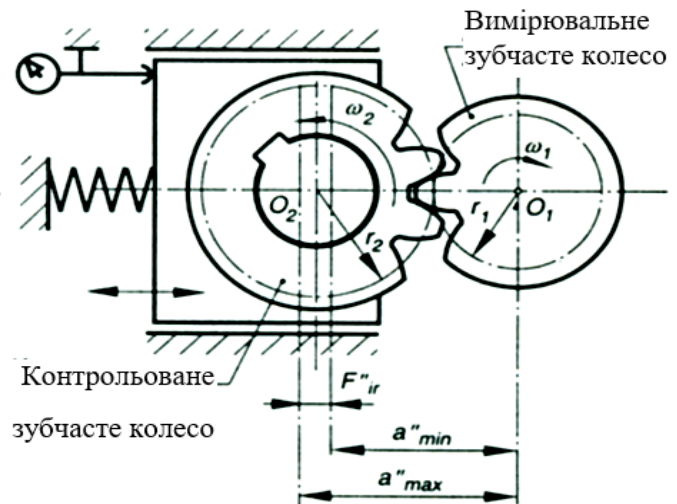


Рисунок 9.5 – Коливання вимірювальної міжосьової відстані

Коливання вимірювального міжосьової відстані за оборот зубчастого колеса F''_{ir} – різниця між найбільшим і найменшим дійсними міжосьовими відстанями при двох-профільному зачепленні вимірювального зубчастого колеса з контрольованим зубчастим колесом при повороті останнього на повний оборот (рис. 9.5).

Питання для самоперевірки до двадцять другої лекції:

1. Для чого використовують відлікові передачі?
2. Для чого використовують швидкісні передачі?
3. Для чого використовують силові передачі?
4. Які вимоги є до передач загального призначення?
5. Які ступені точності використовують для нормування зубчастих передач?

6. Що називають кінематичною похибкою передачі?
 7. Що називають кінематичною похибкою зубчастого колеса?
 8. Які похибки визначають кінематичну точність коліс?
- Література для додаткового навчання: [1, с.459-463; 2, С.49-50].

Лекція 23

Мета лекції – ознайомиться з параметрами плавності роботи зубчастого зачеплення і нормами контакту зубів передачі.

9.2.2 Плавність роботи передачі

Норми плавності роботи характеризують рівномірність обертання або ступінь плавності зміни кінематичної похибки передачі.

Норми плавності роботи є домінуючими для швидкісних передач. Порушення плавності роботи передачі оцінюють багаторазово під час мінливих коливань, які спостерігають на діаграмі кінематичної похибки.

Плавність роботи визначають такі похибки:

- циклічна похибка зубчастої частоти f_{zcr} ;
- місцева кінематична похибка f'_{ior} ;
- циклічна похибка передачі f_{zkor} ;
- місцева кінематична похибка колеса f'_{ir} ;
- циклічна похибка колеса f_{zkr} ;
- відхилення кроку f_{Pr} ;
- відхилення кроку зачеплення f_{Pbr} ;
- похибка профілю зуба f_{fr} ;

Розглянемо найбільш значущі похибки.

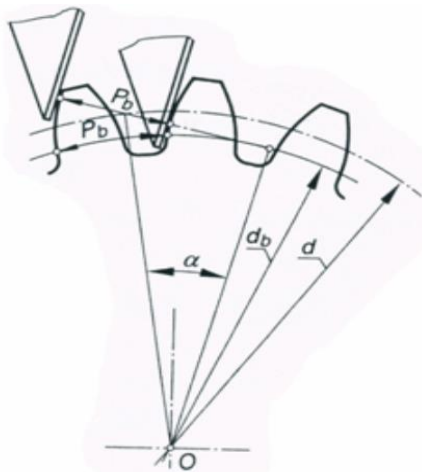


Рисунок 9.6 – Відхилення кроку зачеплення.

Відхилення кроку зачеплення f_{Pbr} – різниця між дійсними і номінальними кроками зачеплення. Граничні відхилення кроку: верхнє $+f_{Pb}$, нижнє $-f_{Pb}$. Під дійсним кроком зачеплення розуміють найкоротшу відстань між двома паралельними площинами, які дотичні до двох однойменних активних бічних поверхонь сусідніх зубів зубчастого колеса (рис. 9.6).

Похибка профілю зуба f_{fr} – відстань по нормалі між двома найближчими друг до друга номінальними торцевими профілями зуба, між якими розміщується дійсний торцевий активний профіль зуба зубчастого колеса (рис. 9.7)

Дійсний профіль робочої ділянки зуба може мати зріз у вершини головки, який зветься фланком. Застосування коліс з фланкованими зубами значно покращує плавність роботи передачі, забезпечуючи більш плавний вхід зубів у зачеплення і вихід з нього. Фланк сприяє також утворенню масляного клину між спряженими зубами, що разом з пружною деформацією зубів знижує відносні прискорення коліс, динамічні навантаження і шум в передачі. У зв'язку з цим колеса, що призначені для роботи під час великих окружних швидкостей слід виготовляти тільки фланковані.

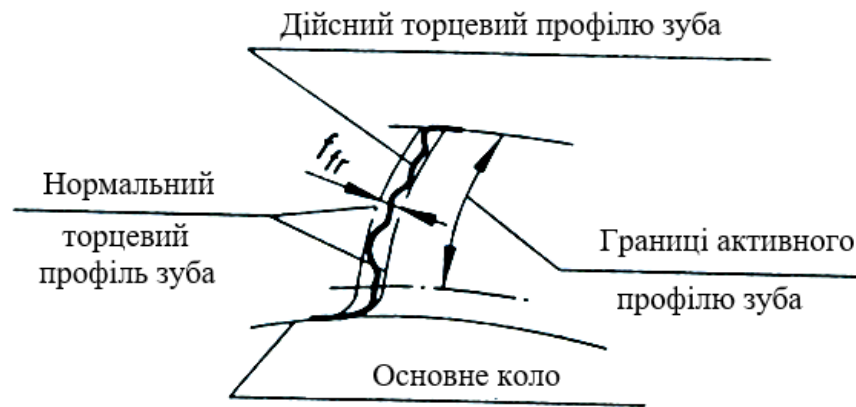


Рисунок 9.7 – Похибка профілю зуба.

9.2.3 Контакт зубів передачі

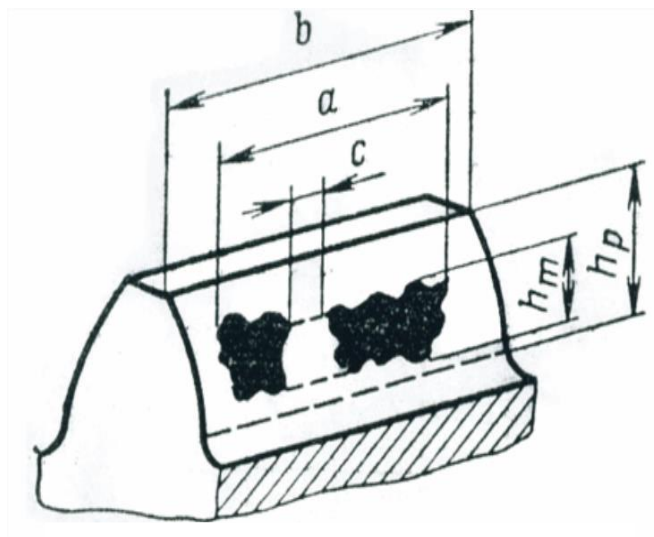


Рисунок 9.8 – Плями контакту в передачі.

Зносостійкість і довговічність циліндричних зубчастих передач залежить від повноти контакту сполучених бічних поверхонь зубів коліс. Повнота контакту зубів оцінюють розмірами і розташуванням сумарної або миттєвої плями контакту (рис. 9.8).

Миттєва пляма контакту – частина активної бічної поверхні зуба колеса передачі, на якій розташовуються сліди його прилягання до зубів шестерні, яка покрита тонким шаром барвника, після повороту колеса передачі на повний оборот при легкому гальмуванні, що забезпечує безперервне контактування зубів обох зубчастих коліс.

Сумарна пляма контакту – частина активної бічної поверхні зуба зубчастого колеса, на якій розташовуються сліди прилягання зубів парного зубчастого колеса в зібраній передачі після обертання під навантаженням, яке задано в технічній документації.

Величину плями контакту p оцінюють його відносними розмірами в відсотках:

- по довжині зуба – відношенням відстані a між крайніми точками слідів прилягання за вирахуванням розривів c , які більш ніж величина модуля в міліметрах, до довжини зуба b :

$$p = \frac{a - c}{b} \cdot 100\%;$$

- по висоті зуба – відношенням середньої (по всій довжині зуба) висоти слідів прилягання h_m до висоти зуба h_p , відповідної активної бічної поверхні:

$$p = \frac{h_m}{h_p} \cdot 100\%;$$

Похибки, що визначають повноту контакту:

- відхилення від паралельності осей f_{xr} ;
- перекид осей f_{yr} ;
- похибка напрямку зуба $f_{\beta r}$;
- відхилення осьових кроків по нормалі f_{pxnr} ;

- сумарна похибка контактної лінії f_{kr} .

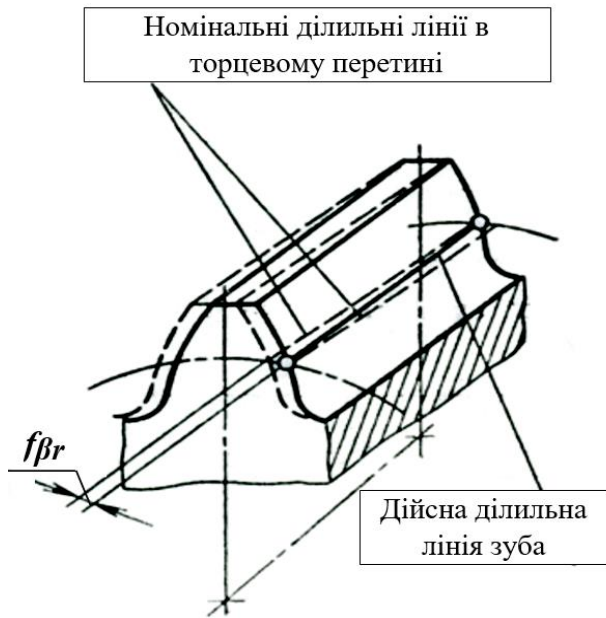


Рисунок 9.9 – Похибка напрямку зуба.

Похибка напрямку зуба $f_{\beta r}$ – відстань між двома найближчими друг до друга номінальними ділительними лініями зуба в торцевому перетині, між якими розміщується дійсна ділительна лінія зуба, яка відповідає робочій ширині зубчастого вінця (рис. 9.9). Дійсна ділительна лінія зуба – це лінія перетину дійсної бічної поверхні зуба зубчастого колеса ділительним циліндром, вісь якого збігається з робочою віссю колеса.

Сумарна похибка контактної лінії f_{kr} – відстань по нормалі між двома найближчими друг до друга номінальними контактними лініями 1 умовно накладеними на площину (поверхню) зачеплення, між якими розміщується дійсна контактна лінія 2 на активній бічній поверхні зуба (рис. 9.10).

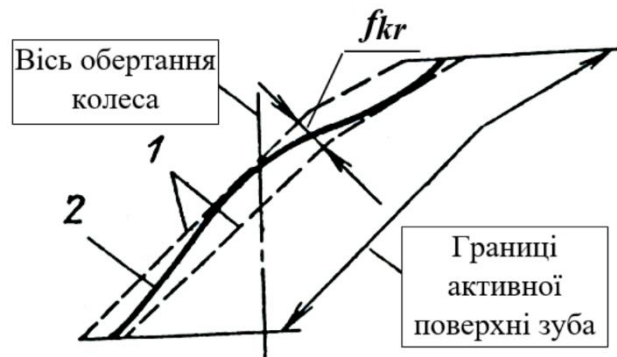


Рисунок 9.10 – Сумарна похибка контактної лінії.

Питання для самоперевірки до двадцять третій лекції:

1. Які похибки визначають плавність роботи?
2. Що таке відхилення кроку зачеплення?
3. Що таке похибка профілю зуба?
4. Що залежить від контакту зубів в передачі?
5. Що таке миттєва пляма контакту?
6. Що таке сумарна пляма контакту?
7. Як оцінюють пляма контакту?
8. Що таке похибка напрямки зуба?
9. Що таке сумарна погіршеність контактної лінії?

Література для додаткового навчання: [1, с.463-465; 2, с.50-53].

Лекція 24

Мета лекції - ознайомиться з видами з'єднань зубів коліс в передачі, навчитися позначати зубчасті передачі на кресленнях.

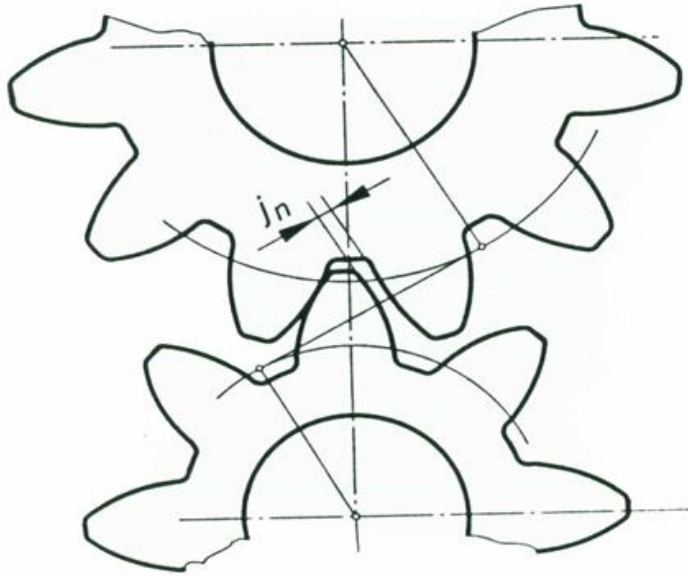


Рисунок 9.11 – Боковий зазор в передачі.

9.2.4. Види спряжень зубів коліс в передачі

Характер спряжень зубів коліс в передачі визначається боковим зазором j_n між неробочими профілями, який забезпечує вільний поворот одного з коліс при нерухомому іншому колесі (рис. 9.11.). Для запобігання заклинювання зубів передачі переважне значення має величина мінімального бокового зазору. Система допусків на зубчасті передачі передбачає гарантований бічний зазор j_{nmin} , який також називають **найменшим приписаним боковим зазором**. Бічний зазор в

передачі визначається міжосьовою відстанню, товщиною зубів, необхідної товщиною мастила, величиною температурної деформації зубів і не залежить від ступеня точності зубчастих коліс і передачі в цілому.

Боковий зазор забезпечується шляхом радіального зміщення вихідного контуру рейки (зуборізний інструмент) від його номінального положення в тіло колеса

Він визначається за формулою:

$$j_{n \min} = V + a_w (\alpha_1 \cdot \Delta t_1 - \alpha_2 \cdot \Delta t_2) \cdot \sin \alpha,$$

де V – товщина шару мастильного матеріалу між зубами; a_w – міжосьова відстань; α_1 і α_2 – температурні коефіцієнти лінійного розширення матеріалу коліс і корпусу; Δt_1 та Δt_2 – відхилення температур колеса і корпусу від 20°C ; α – кут профілю вихідного контуру.

Товщину шару мастила орієнтовно приймають в межах від 0,01 мм (для тихохідних кінематичних передач) до 0,03 мм (для високошвидкісних передач).

Для задоволення вимог різних галузей промисловості, незалежно від ступеня точності виготовлення коліс передачі, передбачено шість видів спряжень, що визначають різні значення $j_{n \min}$: A, B, C, D, E, H (рис. 9.12).

Встановлено шість класів відхилень міжосьової відстані, що позначають в порядку убутання точності римськими цифрами від I до VI. Гарантований боковий зазор в кожному сполученні забезпечується при дотриманні передбачених класів відхилень міжосьової відстані (для спряжень H і E – II клас, для спряжень D, C, B і A – класи III, IV, V і VI відповідно). Відповідність видів спряжень до зазначених класів допускається змінювати.

На боковий зазор встановлено допуск T_{jn} , який визначається різницею між найбільшим і найменшим зазорами. У міру збільшення бокового зазору збільшується допуск T_{jn} . Встановлено вісім видів допуску T_{jn} на боковий зазор: x, y, z, a, b, c, d, h . Видам спряжень H і E відповідає вид допуску h , видам спряжень D, C, B і A – відповідають види допусків d, c, b і a . Відповідність видів спряжень та видів допусків T_{jn} допускається змінювати використовуючи при цьому також види допуску z, y і x .

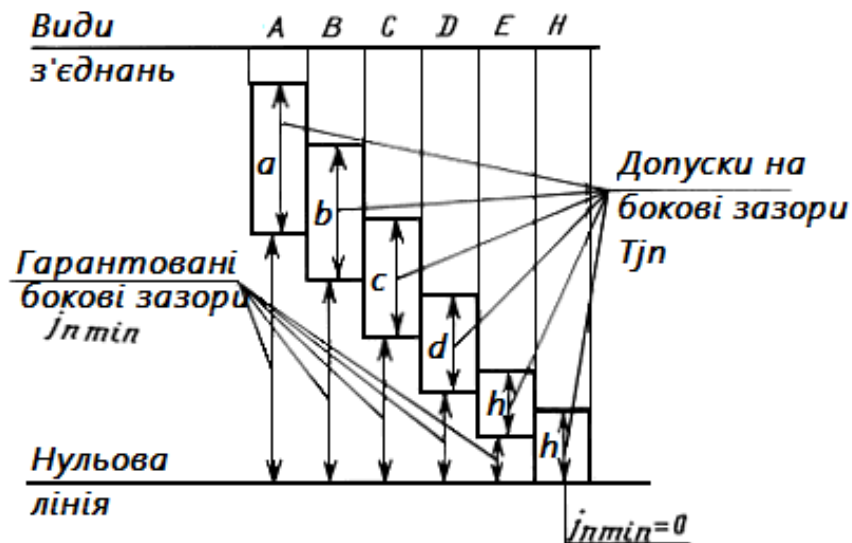


Рисунок 9.12 – Види спряжень і види допуску на боковий зазор.

9.2.5 Позначення зубчастих коліс і передач на кресленнях

Позначення мають містити:

1. Ступінь точності за нормами кінематичної точності.
2. Ступінь точності за нормами плавності роботи.
3. Ступінь точності за нормами контакту зубів;
4. Вид спряження зубів;
5. Вид допуску на боковий зазор;
6. При необхідності – більш точний або грубий клас відхилення міжосьової відстані;

7. У разі використання більш грубого класу – зменшений гарантований боковий зазор $j_{n \min}$ в мкм, в разі застосування більш точного класу – збільшений боковий зазор $j_{n \min}$ можна не вказувати;

8. ГОСТ 1643-81.

Наприклад: 8-7-7 Dh/II ГОСТ 1643-81 – зубчаста передача з модулем > 1 мм зі ступенями точності:

- 8-й – за нормами кінематичної точності;
- 7-й – за нормами плавності;
- 7-й – за нормами контакту;
- вид спряження – D ;
- вид допуску – h ;
- II клас відхилень міжосьової відстані.

Якщо всі три ступені точності однакові, то точність записують однією цифрою: 7 – Cb/III ГОСТ 1643-81.

Якщо вид допуску відповідає виду спряження, то він в позначенні не вказується, якщо клас відхилення міжосьової відстані відповідає виду спряження, то він теж не вказується: 8 – B ГОСТ 1643-81.

Якщо на одну норму точності ступінь не задається, то замість нього ставиться буква N : 8- N -7- C ГОСТ 1643-81.

Для конічних і черв'ячних передач встановлені такі ж ступені точності, види спряження і допуску.

Якщо необхідна величина $j_{n \min}$ велика і не відповідає жодному виду спряження, то її округлюють до сотень мікрометрів і записують замість букви, що позначає вид спряження: 9 – 600у/IV ГОСТ 1643-81.

Питання для самоперевірки до двадцять четвертої лекції:

1. Чим визначається характер спряження зубів коліс в передачі?
 2. Для чого необхідний зазор в з'єднанні?
 3. Як розрахувати мінімальний боковий зазор?
 4. Какие ступені точності виготовлення коліс передачі передбачає стандарт?
 5. Як встановлюються класи відхилень міжосьової відстані?
 6. Як встановлюються види допуску на боковий зазор?
 7. В якій послідовності записують позначення зубчастих коліс?
- Література для додаткового навчання: [1, с.465-455; 2, с.53-55].

Лекція 25

Мета лекції - ознайомиться з допусками і посадками шпонкових з'єднань і калібрів для їх контролю.

10. ДОПУСКИ І ПОСАДКИ ШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ

Шпонкові з'єднання служать для передачі крутного моменту деталями машин. Розрізняють шпонки призматичні, клинові, сегментні.

Шпонки в паз валу зазвичай встановлюють за нерухомою посадкою, а в паз втулки – за однією з рухомих посадок. Натяг по валу потрібен для того, щоб шпонка не випадала при монтажі, а зазор у втулці – щоб компенсувати неточності розмірів, форми і взаємного розташування пазів.

На призматичні шпонки встановлені відхилення стандартом ГОСТ 25347-82, а на сегментні – стандартом ГОСТ 24071-80.

Шпонкові з'єднання служать для передачі крутного моменту деталями машин. Розрізняють шпонки призматичні, клинові, сегментні.

На рисунку 10.1 показані позначення шпонкового з'єднання, де b – ширина шпонки і пазів шпон, h – висота шпонки, t_1 і t_2 – глибина паза валу і втулки відповідно, d – номінальний діаметр.

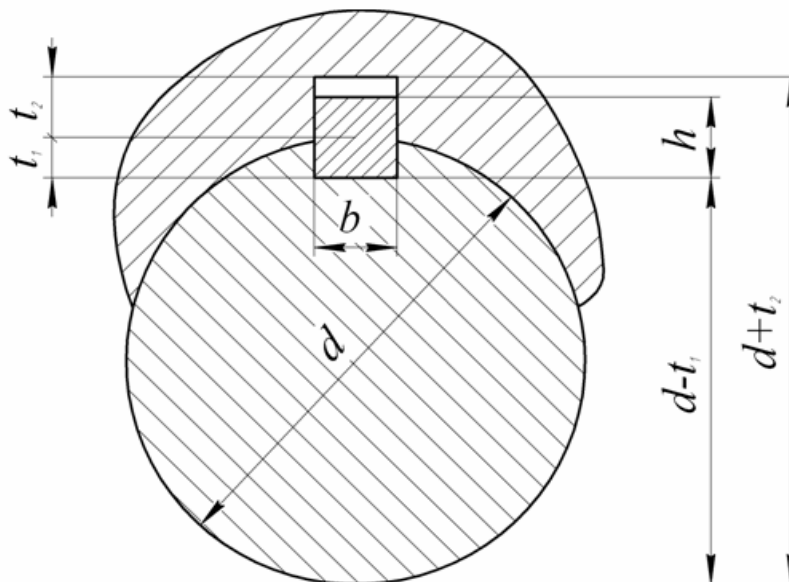


Рисунок 10.1 – Схема шпонкового з'єднання.

Встановлені поля допусків: для самої шпонки – $h9$; для паза валу – $H9$, $N9$, $P9$; для паза втулки – $D10$, $Js9$, $P9$. На глибину паза даються відхилення в межах $0,1 \div 0,3$ мм (табл. 10.1); на довжину паза валу – $H15$. Стандартом ГОСТ 25347-82 для шпонок встановлені наступні відхилення: на довжину шпонки l – $h14$; на висоту h – $h11$, $h9$ (при $h = 2 \div 9$ мм).

При вільному шпонковому з'єднанні на ширину b для паза валу застосовують поле допуску $H9$, для паза

втулки – $D10$ (рис.10.2).

Таблиця 10.1 – Відхилення глибини пазів

Висота шпонки h	Граничні відхилення розмірів		
	t_1	$d - t_1$	$t_2 (d + t_2)$
2 – 6	+0,1	0	+0,1
	0	-0,1	0
6 – 18	+0,2	0	+0,2
	0	-0,2	0
18 – 50	+0,3	0	+0,3
	0	-0,3	0

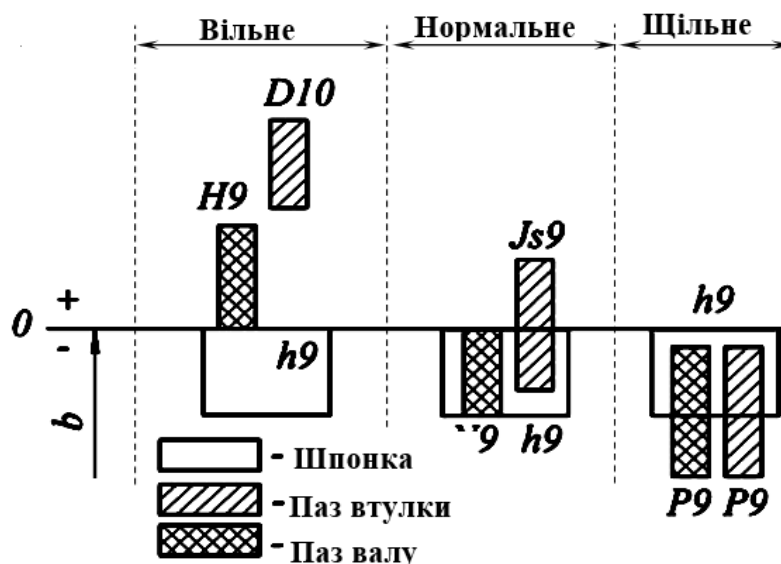


Рисунок 10.2 – Посадки шпонкових з'єднань.

При нормальному шпонковому з'єднанні для ширини паза валу b застосовують поле допуску $N9$, для паза втулки – $Js9$.

При щільному шпонковому з'єднанні по ширині b для пазів валу b і втулки застосовують однакове поле допуску $P9$ (рис. 10.2). Таким чином, при утворенні посадок шпонки зі шпонковими пазами валу і втулки застосовують система валу, що різко зменшує номенклатуру каліброваної шпонкової сталі.

Приклади позначення точності шпонкових пазів показані на рисунку 10.3, a і $б$; по довжині паза валу – на рисунку 10.3, $в$.

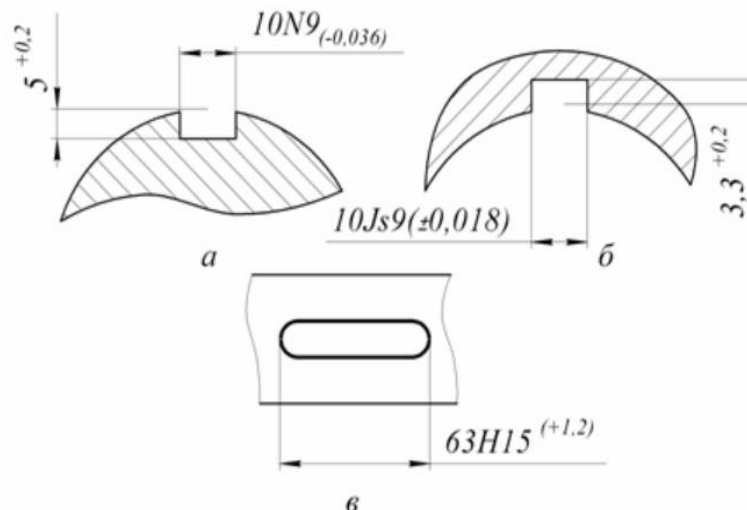


Рисунок 10.3 – Приклади позначення точності шпонкових пазів.

Контроль шпонкових з'єднань здійснюють калібрами, шпонкових отворів пробками (рис. 10.4, а), а пазів шпонкових пазів в валах – шаблонами (рис. 10.4, б).

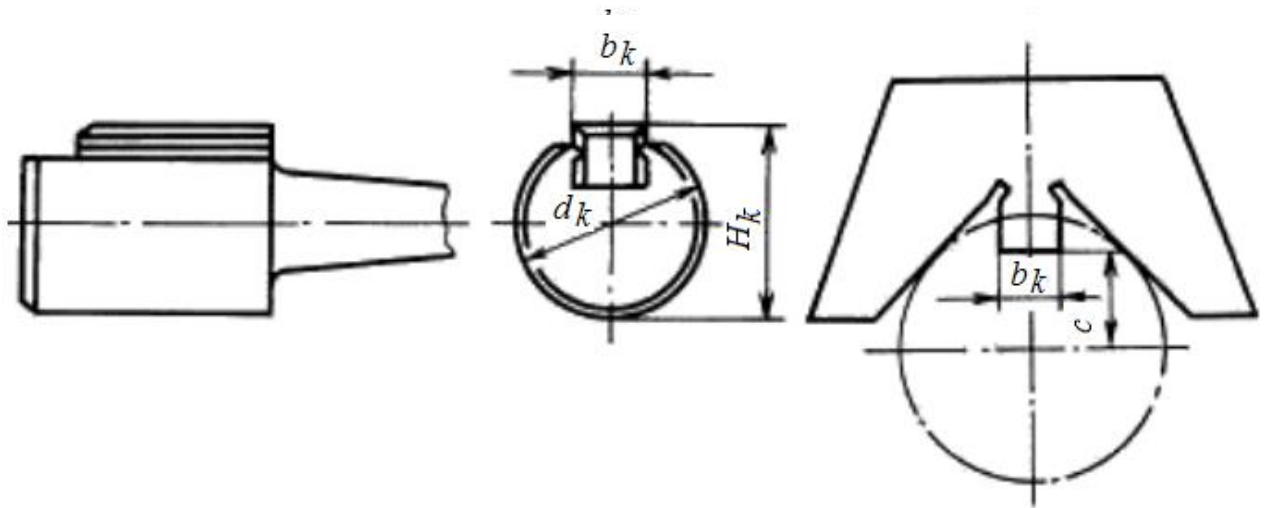


Рисунок 10.4 – Калібри для контролю шпонкових з'єднань.

Питання для самоперевірки до двадцять п'ятої лекції:

1. Для чого служать шпонкові з'єднання?
2. Які види з'єднань застосовують для шпонок?
3. Як утворюються шпонкові з'єднання?
4. Які калібри використовують для контролю шпонкових з'єднань?

Література для додаткового навчання: [1, с.384-387; 2, с.55-57].

Лекція 26

Мета лекції - ознайомиться з допусками і посадками шліцьових з'єднань і калібрів для їх контролю.

11. ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ

11.1 Загальні відомості про шліцьові з'єднання

Шліцьові з'єднання можна розглядати як «багато шпонкове» з'єднання, в якому шпонки виконані заодно з валом або втулкою і розташовані по всьому колу рівномірно і паралельно їх осям. Залежно від профілю зубів шліцьові з'єднання діляться на: шліцьові прямобічні (рис. 11.1, а) (ГОСТ 1139 - 80); шліцьові евольвентні з кутом профілю 30° (ГОСТ 6033 – 80) (рис. 11.1, б); трикутні (рис. 11.1, в).

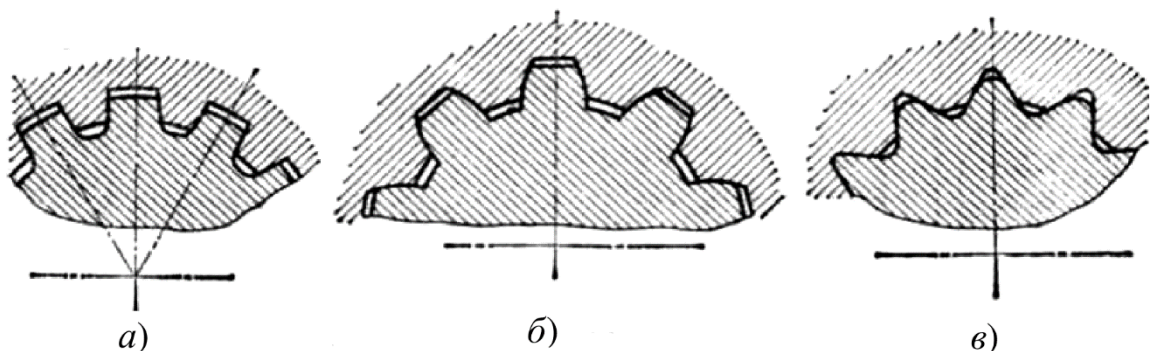


Рисунок 11.1 – Види шліцевих з'єднань.

Найбільш технологічні – евольвентні з'єднання, вони можуть передавати значний крутний момент, але складні при контролі після виготовлення. Трикутні з'єднання не стандартизовані, їх застосовують замість посадок з натягом для пластмасових і тонкостінних деталей.

Шліцеві з'єднання з евольвентним профілем зубів, розташованих паралельно осі з'єднання, з кутом профілю 30° , регламентуються ГОСТ 6033 – 80. Стандарт встановлює вихідний контур, форму зубів, номінальні діаметри, модулі і числа зубів, номінальні розміри і величини що вимірюють при centruванні відносно бокових поверхонь зубів, а також допуски і посадки. Шліцеві з'єднання з евольвентним профілем зубів в порівнянні з прямобічними мають істотні переваги: вони мають більшу навантажувальну здатність і циклічну міцність, забезпечують краще centruвання і напрямки деталей, простіше у виготовленні, так як їх можна фрезерувати методом обкатки тощо.

Найбільшого поширення набули прямобічні шліцеві з'єднання з профілем зубів, розташованих паралельно осі з'єднання. ГОСТ 1139-80 встановлює для прямобічних з'єднань кількість шліців z в діапазоні від 6 до 20 для з'єднань легкої, середньої та важкої серій. Зовнішній діаметр шліцевого прямобічного з'єднання змінюється від 14 до 125 мм. Встановлено три методи centruвання шліцевого валу: по бічним сторонам (рис. 11.2, а); по зовнішньому діаметру (рис. 11.2, б); по внутрішньому діаметру (рис. 11.2, в).

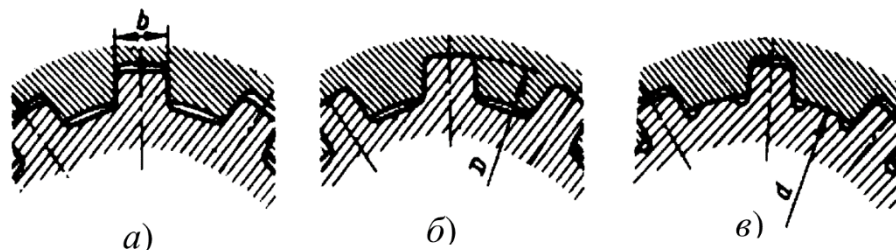


Рисунок 11.2 – Методи centruвання шліцевих валів.

Шліцеві прямобічні з'єднання мають три конструктивних види виконання (рис. 11.3).

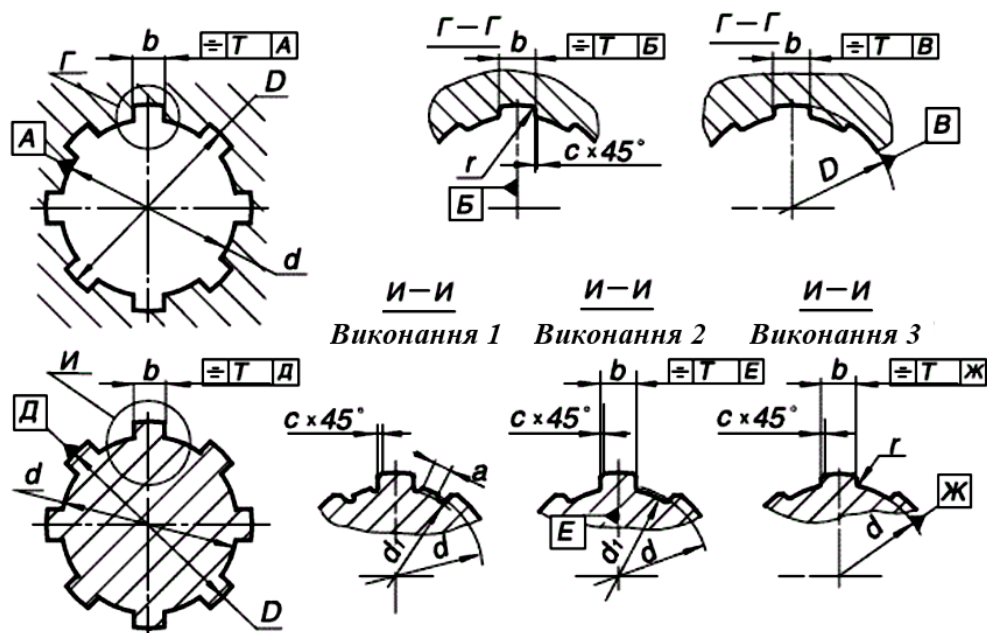


Рисунок 11.3 – Конструктивні види виконання шліцевих з'єднань.

Шліцьові з'єднання називають рухомими, коли деталі, що насаджуються на вал, мають можливість осевого переміщення (наприклад, зубчасті колеса коробок передач, муфти зчеплення та інші вузли), і нерухомими, якщо втулка не може переміщатися відносно валу.

Вибір типу шліцьових з'єднань пов'язаний з їх конструюванням і технологічними особливостями.

11.2. Допуски і посадки з'єднань з прямобічним профілем зубів

Відповідно до ГОСТ 1139 – 80 встановлені допуски для з'єднань з центруванням по внутрішньому d і зовнішньому D діаметрам, а також по бічних сторонах зубів b (рис. 11.2). Оскільки вид центрування безпосередньо пов'язаний з вибором полів допусків на окремі елементи з'єднання та їх посадки, то призначення допусків визначається характером центрування.

Вибираючи вид центрування шліцьових з'єднань, враховують характер і умови роботи вузла, номінальні розміри з'єднань легкої, середньої та важкої серій і виконання (1, 2, 3) шліцьових валів (рис. 11.3).

При виготовленні шліцьових валів із застосуванням різних видів центрування рекомендується враховувати наступне:

- в з'єднаннях легкої та середньої серій розмір d використовують для валів виконання 1 при виготовленні методом обкатки;
- вали з'єднань важкої серії виконання 1, як правило, методом обкатки не виготовляються;
- при центруванні по внутрішньому діаметру шліцьові вали виготовляються у виконанні 1 і 3;
- при центруванні по зовнішньому діаметрі і бічних сторонах зубів шліцьові вали виготовляються у виконанні 2.

Центрування по внутрішньому діаметру d доцільно, коли втулка має високу твердість і її не можна обробити чистовою протяжкою (отвір шліфують на звичайних внутрішньо шліфувальних верстатах) або коли можуть виникнути значні викривлення довгих валів після термічної обробки. Спосіб забезпечує точне центрування і застосовують зазвичай для рухливих з'єднань. Точні посадки виконують за розмірами d і b .

Центрування по зовнішньому діаметру D рекомендують, коли втулку термічно не обробляють або коли твердість її матеріалу після термічної обробки допускає калібрування протяжкою, а вал – фрезерування до отримання остаточних розмірів зубів. Такий спосіб простий і економічний. Його застосовують для нерухомих з'єднань, а також для рухливих, що сприймають невеликі навантаження. Точні посадки виконуються за розмірами D і b .

Метод центрування по бічних сторонах b найбільш простий і дешевий і доцільний при передачі знакозмінних навантажень, великих крутних моментів і при реверсивному русі. Цей метод сприяє більш рівномірному розподілу навантаження між зубами, але не забезпечує високої точності центрування, тому не часто застосовується. Точні посадки виконуються за розміром b .

Для діаметрів, що не беруть участі в центруванні, поля допусків наведені в ГОСТ 1139 – 80.

Позначення шліцьового з'єднання на кресленнях повинно містити букву, що позначає вид центрування, число шліців z , чисельне значення внутрішнього і зовнішнього діаметра в мм з проставленою посадкою, ширину зуба в мм із зазначенням посадки (рис.11.4).

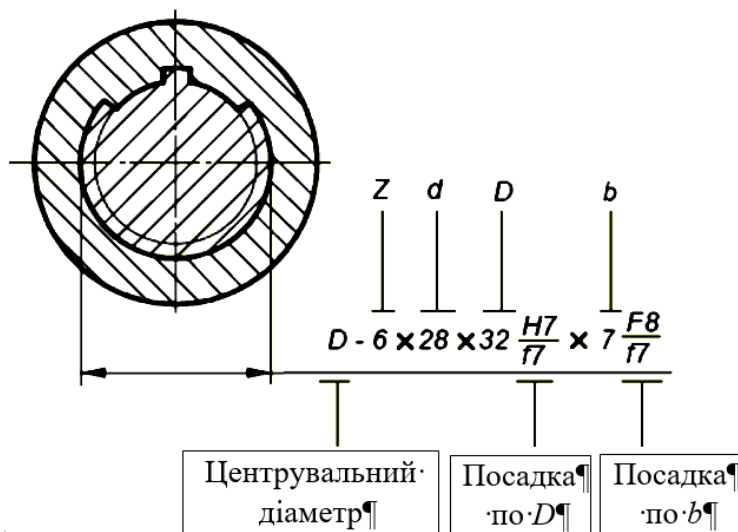


Рисунок 11.4. — Позначення на кресленнях шліцевого з'єднання з центруванням по зовнішньому діаметру.

1) $8 \times 36H8/e8 \times 40H12/a11 \times 7D9/f8$ — шліцьове з'єднання з числом зубів $z = 8$, внутрішнім діаметром $d = 36$ мм, зовнішнім діаметром $D = 40$ мм, шириною зуба $b = 7$ мм, з центруванням по внутрішньому діаметру d , з посадкою по діаметру $d - H8/e8$ і за розміром $b - D9/f8$;

2) $D - 8 \times 36 \times 40H7/h7 \times 7D9/f8$ — то ж, при центруванні по зовнішньому діаметру з посадкою по зовнішньому діаметру $D - H7/h7$ і за розміром $b - D9/f8$;

3) $8 \times 36 \times 40H12/a11 \times 7D9/f8$ — то ж, при центруванні по бічних сторонах зубів.

Позначення шліцевого валу або втулки аналогічно позначенню з'єднання, але вказують не посадки, а поля допусків валу або втулки. Наприклад:

1) $d - 8 \times 36H8 \times 40H12 \times 7D9$ — умовне позначення втулки того ж з'єднання при центруванні по внутрішньому діаметру;

2) $d - 8 \times 36e8 \times 40a11 \times f8$ — валу того ж з'єднання.

Чисельні значення граничних відхилень розмірів b , D і d беруть зі стандарту ГОСТ 25346-89 «Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків і посадок. Загальні положення, ряди допусків і основних відхилень»

Шліцьові з'єднання контролюють комплексними прохідними калібрами пробками (рис. 11.5, а) і кільцями (рис. 11.5, б), і поелементними непрохідними калібрами скобами і пробками (див. розділ 3).

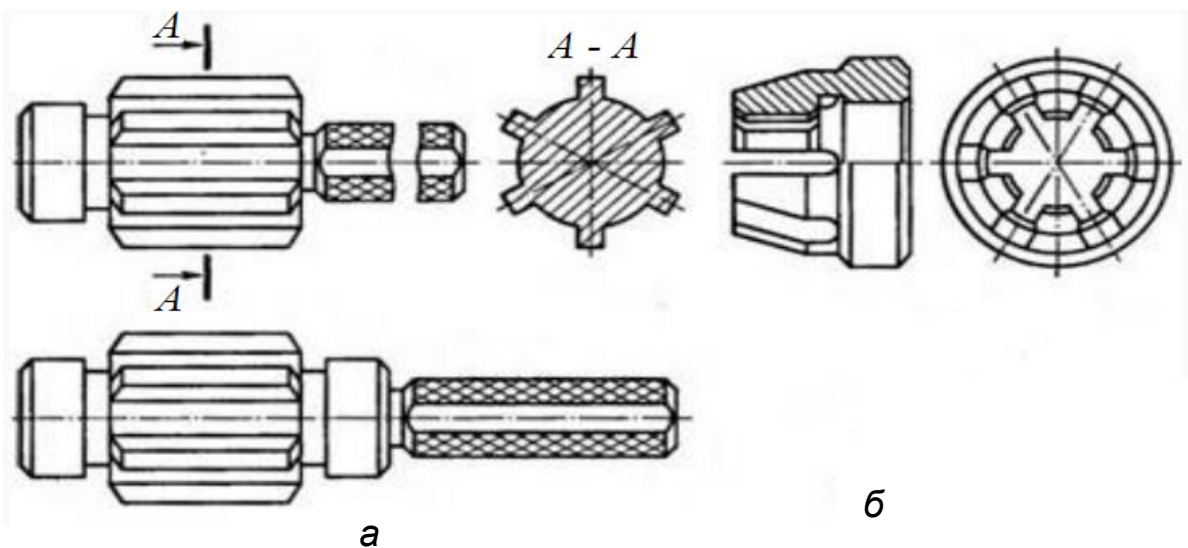


Рисунок 11.5 – Комплексні шліцьові калібри для прямобічних з'єднань.

Контроль шліцевого валу або втулки комплексним калібром достатній в одному положенні, без перестановки калібру. Контроль поелементним непрохідним калібром необхідний не менш ніж в трьох різних положеннях. Якщо поелементний непрохідний калібр проходить в одному з цих положень, контролювану деталь вважають бракованою.

Допуски калібрів для контролю шліцьових прямобічних з'єднань регламентовані ГОСТ 7951 - 80.

Питання для самоперевірки до двадцять шостий лекції:

1 Для чого служать шліцьові з'єднання?

2. Які види шліцьових з'єднань існують?

3. Які види методів центрування шліцьових валів використовують?

4. Які види конструктивного виконання застосовують для шліцьових валів?

5. Які міркування потрібно враховувати при виготовленні шліцьових валів?

6. У яких випадках застосовують різні види центрування шліцьових валів?

7. Як позначають прямобічні шліцьові з'єднання на кресленнях?

Література для додаткового навчання: [1, с.387-394; 2, с.57-58].

Лекція 27

Мета лекції - ознайомиться з основними принципами забезпечення єдності і точності засобів вимірювань.

12. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ І ТОЧНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ

12.1 Фізична величина і її вимірювання

Під час будь-якого вимірювання, незалежно від вимірюваної величини, методів і засобів вимірювань, є щось спільне, що становить поняття вимірювання. Встановлено наступне визначення **вимірювання** – це знаходження фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. **Метрологія** – це наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності.

Єдність вимірювань – стан вимірювань, коли їх результати виражені в допущених до застосування в країні одиницях величин, а показники точності вимірювань не виходять за встановлені межі. Єдність вимірювань необхідна для того, щоб можна було порівнювати результати вимірювань, які виконані в різних місцях, в різний час, з використанням різних методів і засобів вимірювання.

Точність вимірювань характеризується близькістю їх результатів до істинного значення вимірюваної величини.

У більшості країн світу заходи щодо забезпечення єдності і необхідної точності вимірювань, тобто законодавче визначення одиниць вимірювань, проведення регулярної повірки вимірювальних приладів, що знаходяться в експлуатації, встановлені законодавчо.

В Україні єдність вимірювань забезпечується стандартами державної системи вимірювань, тобто метрологія органічно пов'язана зі стандартизацією, і цей зв'язок виражається, перш за все, в стандартизації одиниць вимірювання, системі державних еталонів, засобів вимірювань і методів повірки, в створенні стандартних зразків властивостей складу речовин. У свою чергу, стандартизація спирається на метрологію, яка забезпечує точність і порівняння результатів випробування матеріалів і виробів, а також запозичує з метрології методи визначення і контролю показників якості. Важливе завдання, підвищення показників якості прямо залежить від ступеня метрологічного обслуговування виробництва.

Першочерговим завданням метрологічного забезпечення якості продукції є розробка і впровадження в стандарти науково обґрунтованих критеріїв якості та методів випробувань.

У зв'язку з тим, що значення фізичної величини знаходять експериментальним шляхом, вона має похибку вимірювань. Розрізняють істинне і дійсне значення фізичної величини.

Істинне значення – це значення фізичної величини, яке ідеальним чином відображає в якісному і кількісному відношенні відповідну властивість об'єкта. Воно є межею, до якої наближається значення фізичної величини під час того, як підвищується точність вимірювання.

Дійсне значення – це значення фізичної величини, знайдене експериментальним шляхом з такою точністю, що його можна прийняти за дійсне для даної вимірювальної задачі. Це значення змінюється в залежності від необхідної точності вимірювань. Для технічних вимірювань значення фізичної величини, знайдене з допустимою похибкою, приймається за дійсне значення.

Похибка вимірювання – це відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини.

При проведенні вимірювань фізичних величин використовують міжнародну систему одиниць СІ.

Вимірювання класифікують наступним чином.

Залежно від швидкості протікання процесу, вимірювання величин ділять на:

- **статичні**, якщо вимірювана величина залишається постійною під час всього часу вимірювання;

- **динамічні**, якщо в процесі вимірювання величина змінюється і є нестійкою в часі.

За способом отримання результатів вимірювань їх поділяють на прямі, непрямі, опосередковані та спільні.

Прямі – це вимірювання, при яких значення фізичної величини знаходять безпосередньо з експериментальних даних.

Непрямі вимірювання, при якому значення фізичної величини знаходять після перетворення її виду або обчисленням за відомою залежністю цієї величини від величини (аргументу), яка визначається прямим вимірюванням.

Опосередковані – це такі вимірювання, при яких значення безпосередньо вимірюваної величини знаходять шляхом обчислення за відомою математичною залежністю між нею і величинами – аргументами, які вимірюють прямо.

Спільними називають одночасні вимірювання двох або декількох однойменних величин для знаходження залежності між ними.

За умовами, які визначають точність результатів, вимірювання поділяють на три класи:

1. **Вимірювання максимально можливої точності**, яка може бути досягнута при існуючому рівні техніки. До них відносяться в першу чергу еталонні вимірювання, які пов'язані з максимально можливою точністю відтворення встановлених одиниць фізичних величин, і, крім того, вимірювання фізичних констант, перш за все універсальних.

2. **Контрольно-повірочні вимірювання** похибки яких не повинні перевищувати певного заданого значення. До них відносять вимірювання, що виконують територіальними центрами державного нагляду за впровадженням і дотриманням стандартів і станом вимірювальної техніки.

3. **Технічні вимірювання**, в яких похибка результату визначається характеристиками засобів вимірювань. До них відносяться всі вимірювання, що виконуються в процесі виготовлення виробів.

За способом вираження результатів вимірювань їх поділяють на абсолютні і відносні.

Абсолютні – це вимірювання, засновані на прямих вимірюваннях однієї або декількох основних величин, або з використанням значень фізичних констант.

Відносні – це вимірювання відношення величини до однойменної величини, що відіграє роль одиниці, або вимірювання величини по відношенню до однойменної величини, прийнятої за вихідну.

Вимірювання можуть виконуватися контактним способом, при якому вимірювальні поверхні приладу взаємодіють з виробом який перевіряють, або безконтактним способом, при якому взаємодія відсутня.

Основними характеристиками вимірювань є:

Принцип вимірювання це фізичне явище або сукупність фізичних явищ, що покладені в основу вимірювань. Наприклад, вимірювання температури з використанням термоелектричного ефекту.

Метод вимірювань це сукупність прийомів використання принципів і засобів вимірювань. Засобами вимірювань є технічні засоби, що мають нормовані метрологічні характеристики.

Точність вимірювань – якість вимірювання, що відображає близькість до нуля систематичних похибок результатів (тобто помилок, які залишаються постійними або закономірно змінюються при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини).

Достовірність вимірювань це ступінь довіри до результатів вимірювань. Вимірювання можуть бути достовірними і недостовірними залежно від того, відомі чи невідомі ймовірні характеристики їх відхилень від дійсних значень відповідних величин. Результати вимірювань, ймовірність яких невідома, не мають ніякої цінності і в деяких випадках можуть бути джерелом дезінформації.

Наявність похибок обмежує достовірність вимірювань, тобто вносить обмеження в число достовірних значущих цифр числового значення вимірюваної величини і визначає точність вимірювань.

12.2 Класифікація засобів вимірювання в техніці і їх метрологічні характеристики

Засоби вимірювання – технічні засоби, що використовують під час вимірювання і які мають нормовані метрологічні характеристики. Засоби вимірювання поділяються на міри, вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, допоміжні засоби вимірювань, вимірювальні установки та вимірювальні системи.

Міри – засоби вимірювання, які використовують для відтворення і зберігання фізичної величини заданого розміру. Однозначна міра відтворює фізичну величину одного розміру, наприклад, кінцева міра довжини або міра маси (гиря). Багатозначна міра відтворює ряд однойменних величин різного розміру, наприклад, штрихова міра довжини (лінійка) і кутова міра (багатогранна призма).

Вимірювальні прилади – це засоби вимірювань, що призначені для вироблення сигналу вимірюваної інформації у формі, доступній для безпосереднього сприйняття спостерігачем. За характером показань вони можуть бути такими що показують і аналоговими, а за принципом дії – приладами прямої дії, порівняння, інтегруючі і підсумовуючі.

Залежно від призначення прилади ділять на універсальні, які призначені для вимірювання однакових фізичних величин різних об'єктів, і спеціалізовані, призначені для вимірювання параметрів однотипних виробів (наприклад, розмірів зубчастих коліс) або одного параметра різних виробів (наприклад, нерівностей, твердості).

Залежно від принципу дії, який покладено в основу вимірювальної системи, прилади поділяють на механічні, оптичні, оптико-механічні, пневматичні, електричні тощо. Як правило, назва приладу визначається конструкцією вимірювального механізму. Універсальні прилади для лінійних вимірювань з механічною вимірювальною системою поділяються на: штангенінструмент з ноніусом, мікрометричні прилади з мікрометричним гвинтом, важільно-механічні прилади з зубчастими, важільно-зубчастими і пружинними

механізмами. За усталеною термінологією прості прилади, наприклад, штангенінструмент і мікрометричні прилади називають також вимірювальним інструментом.

Всі засоби вимірювання мають певні метрологічні характеристики. Так, міри характеризуються номінальним і дійсним значеннями. **Номінальне значення міри** – значення величини, що вказане на мірі або приписане їй. **Дійсне значення міри** – це дійсне значення величини, що відтворюється мірою.

Вимірювальні прилади складаються з чутливого елемента, який знаходиться під безпосереднім впливом фізичної величини, вимірювального механізму і відлікового пристрою. Відліковий пристрій приладу, що показує, має шкалу і покажчик, якій виконано у вигляді стрілки, або у вигляді променю світла – світлового покажчика. Шкала має сукупність відміток і проставлених у деяких з них чисел, що відповідають ряду послідовних значень вимірюваної величини.

Ціна поділки шкали – це різниця значень величини, що відповідає двом сусіднім позначкам шкали.

Чутливість вимірювального приладу визначається відношенням сигналу на виході приладу до значення вимірюваної величини на вході.

Початкове і кінцеве значення шкали – це найменше і найбільше значення вимірюваної величини, яке визначено за шкалою.

Діапазон показань це область значень вимірюваної величини, для якої нормовані допустимі похибки приладу.

Межа вимірювань – найбільше або найменше значення діапазону вимірювань.

Варіація показань – різниця показань приладу отриманих під час вимірювання одного і того ж значення вимірюваної величини при збільшенні та зменшенні вимірюваної величини.

Стабільність засобу вимірювання – це якість засобу вимірювання, що відображає незмінність в часі його метрологічних характеристик.

Вимірювальне зусилля приладу – це сила, що створювана приладом при контакті з виробом і діє по лінії вимірювання. Воно, як правило, здійснюється пружиною, яка забезпечує контакт чутливого елемента приладу, наприклад, вимірювального наконечника з поверхнею об'єкта, що вимірюють. При деформації пружини змінюється зусилля, різниця між його найбільшим і найменшим значеннями являє собою максимальне коливання вимірювального зусилля.

Клас точності – основна метрологічна характеристика приладу, що визначає допустимі значення основних і додаткових похибок, які впливають на точність вимірювання. Клас точності, хоча і характеризує сукупність метрологічних характеристик даного засобу вимірювання, однак не визначає однозначно точність вимірювань, оскільки остання залежить від методу вимірювання і умов їх виконання.

У країні ведеться державний реєстр засобів вимірювальної техніки. Робиться це з метою:

- формування раціональної номенклатури засобів вимірювальної техніки і державних стандартних зразків, своєчасного освоєння нових типів вимірювань і зняття з виробництва застарілих засобів вимірювання;

- обліку засобів вимірювальної техніки і державних стандартних зразків затверджених типів і створення централізованих державних фондів інформаційних даних про засоби вимірювання і стандартних зразків, допущених до виробництва і випуску в обіг;

- забезпечення зацікавлених підприємств і організацій необхідною інформацією про фонд державного реєстру.

Похибки вимірювань виникають внаслідок недосконалості методів і засобів вимірювання, впливу умов вимірювання і недосконалості органів чуття спостерігача, а також багатьох інших факторів, що дають сумарну похибку вимірювання.

Всі ці фактори можна об'єднати в дві основні групи:

- **випадкові похибки** (в тому числі грубі похибки і промахи), що змінюються випадковим чином при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини;

- **систематичні похибки**, які є постійними або закономірно змінюються при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини.

Випадкова похибка не може бути виключена з результатів вимірювання, але її вплив може бути зменшено за рахунок повторних вимірювань однієї величини і обробки експериментальних даних. Для оцінки можливої похибки вимірювань необхідно знати закономірності появи випадкових похибок. При значній кількості вимірювань їх значення, як правило, розподіляється відповідно до закону Гауса.

Грубі похибки і промахи виникають і через помилки або невірні дії виконавця (його психофізіологічного стану, неправильного відліку, помилок запису або обчислень, неправильного включення приладів тощо), а також в наслідок короткочасних змін умов проведення вимірювання (вібрації, надходження холодного повітря, поштовху приладу виконавцем тощо). Якщо грубі похибки і промахи які виявлені в процесі вимірювань, то їх значення виключають з результатів вимірювань.

Систематичні похибки – це певні функції невідповідних факторів, склад яких залежить від фізичних, конструктивних і технологічних особливостей засобів вимірювань, умов їх використання, а також індивідуальних якостей спостерігача. Складні детерміновані закономірності, яким підкоряються систематичні похибки, визначаються або при створенні засобів вимірювань і комплектації вимірювальної апаратури, або безпосередньо при підготовці вимірювального експерименту і в процесі його проведення.

При контролі якості матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, технологічного процесу і готових виробів найчастіше використовують такі засоби вимірювання:

1. Для вимірювання лінійних величин – лінійка вимірювальна металева, мікрометр, штангенрейсмус, штангенциркуль, товщиномір індикаторний, курвіметр, мікроскоп.
2. Для вимірювання кутових величин – кутомір з ноніусом, мікроскоп.
3. Для вимірювання маси – ваги технічні та лабораторні.
4. Для вимірювання сили – розривні машини і динамометри різних конструкцій.
5. Для вимірювання тиску – манометри різних конструкцій.
6. Для вимірювання температури – термометри ртутні скляні лабораторні, термометри біметалеві, потенціометри автоматичні самозаписуючі і показуючі різних конструкцій, термопари, термофарби.
7. Для вимірювання часу – секундоміри різних конструкцій, годинник пісочний, настільний тощо.
8. Для вимірювання вологості повітря – гігрометри, гігрографи, психрометри різних конструкцій.
9. Для вимірювання швидкості переміщення повітря – анемометри різних конструкцій.
10. Для вимірювання електричних величин: амперметри, вольтметри, омметри і т.п.

Питаннями забезпеченням єдності вимірювань і їх точності в першу чергу займаються **метрологічна служба підприємства** на яку покладено:

- координація і керівництво роботою різних підрозділів підприємства, яке спрямовано на забезпечення єдності і необхідної точності вимірювань;

- впровадження сучасних засобів і методів вимірювань, стандартів і інших нормативних документів, що регламентують норми точності вимірювань, метрологічні характеристики засобів вимірювань, методики виконання вимірювань, методи і засоби повірки, вимоги до метрологічного забезпечення підготовки виробництва і випуску нових видів продукції;

- розробка перспективних і річних планів робіт метрологічної служби, складання заявок і придбання засобів вимірювання, укладення договорів на розробку і впровадження нової вимірювальної техніки і здійснення контролю за їх виконанням;
- проведення метрологічної експертизи технічної документації виробів виробництва і вибір за даними експертизи засобів вимірювання і методик виконання вимірювань, що забезпечують достовірний контроль технологічних процесів і якості продукції;
- розробка спільно з проектно-конструкторськими, конструкторськими і технологічними організаціями технічних завдань на проектування засобів вимірювальної техніки для даного підприємства;
- здійснення метрологічного забезпечення при створенні і випробуваннях нових видів продукції;
- здійснення контролю за станом та зберіганням засобів вимірювання, наявних у всіх підрозділах підприємства, правильністю використання методик виконання вимірювань та аналізу якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів, перевірка монтажу та налагодження засобів вимірювань;
- складання планів і календарних графіків ремонту, повірки та калібрування засобів вимірювання і контроль за їх виконанням;
- організація ремонту засобів вимірювальної техніки силами підприємства, використання прокатного і обмінного фондів засобів вимірювальної техніки;
- визначення потреби підприємства в еталонних і робочих засобах вимірювань, стандартних зразках складу і властивостей речовин і матеріалів;
- проведення метрологічних випробувань нестандартних засобів вимірювання, виготовлених в одиничних екземплярах або одиничними партіями для потреб підприємства;
- організація підготовки та підвищення кваліфікації працівників підприємства з метрологічного забезпечення виробництва продукції.

Повірка засобів вимірювальної техніки. Повіркою засобів вимірювання називається сукупність операцій, які виконують для визначення та оцінки похибки засобів вимірювання з метою встановлення відповідності характеристик точності регламентованим значенням і придатності засобу вимірювання для використання.

Повірки не підлягають засоби вимірювань, що використовують тільки для встановлення факту зміни значення фізичної величини без кількісної оцінки цієї зміни. Вони можуть бути віднесені до індикаторів. На їх лицьовій стороні наносять позначку «I» (індикатор). Можуть не підлягати періодичній перевірці засоби вимірювання, які використовують для навчальних або демонстраційних цілей. На них наносяться чіткі позначки «Н» (навчальний). Для інших цілей ці засоби вимірювання не можуть бути використані. Контроль за їх справністю повинен здійснюватися в порядку, встановленому правилами експлуатації і відповідати вимогам навчального процесу. Всі інші засоби вимірювання підлягають повірці. Вид повірки залежить від того, якою метрологічною службою вона проводиться (державною або відомчою), на якому етапі роботи засобів вимірювання (первинна, періодична, позачергова), від характеру повірки (інспекційна, експертна).

Державну повірку проводять територіальні органи. Державної повірці підлягають засоби вимірювання, які використовують як вихідні робочі еталони, що використовують при державних випробуваннях, градуванні і повірки на підприємствах і організаціях тощо. Конкретна номенклатура робочих засобів вимірювання, які повинні проходити обов'язкову державну повірку, регулярно переглядається і публікується.

Відомчу повірку здійснюють для засобів контролю режимів технологічного процесу, якості матеріалів, напівфабрикатів, готових виробів, засобів вимірювання, які використовують для проведення хімічного аналізу матеріалів тощо.

Первинну перевірку проводять при випуску засобів вимірювання з виробництва і після ремонту.

Періодична повірка проводиться для всіх засобів вимірювання. Для цього метрологічною службою підприємства або організації складається річний план-графік проведення повірки засобів вимірювання та затверджується керівником підприємства. При значній кількості засобів вимірювання замість річних планів-графіків складається календарний графік у вигляді переліку засобів вимірювальної техніки із зазначенням періодичності та строків їх повірки.

Позачергова перевірка проводиться при експлуатації і зберіганні засобів вимірювань незалежно від термінів їх періодичної повірки. Здійснюють її при:

- під час монтажу засобу вимірювання, що є комплектуючим виробом, на вимірювальну установку після половини його гарантійного терміну, якщо термін повірки засобу вимірювання настає раніше терміну повірки вимірювальної установки;
- пошкодженні клейма, пломби або втрати документів, що підтверджують проходження засобом вимірювання періодичної або первинної повірки;
- використанні засобів вимірювання після довгого зберігання, протягом якого вони не підлягали періодичній повірці;
- необхідності переконатися в справності засобів вимірювань і при поверненні на зберігання після експлуатації.

Експертну перевірку проводять органи державної метрологічної служби метрологічної експертизи засобів вимірювання на вимогу суду, прокуратури, Держарбітражу, а також окремих громадян, коли виникають спірні питання.

Інспекційна перевірка проводиться під час здійснення на підприємствах і організаціях метрологічного нагляду або контролю за станом та використанням засобів вимірювання для визначення їх справності, правильності результатів останньої повірки, відповідності прийнятих міжповірочних інтервалів та умов експлуатації. Якщо результати інспекційної повірки показали незадовільний стан засобів вимірювальної техніки, то повірочні клейма погашають, свідоцтва про повірку анулюють, а в паспортах або інших документах, які їх замінюють, роблять запис про непридатність їх до використання.

Перевірку можуть здійснювати тільки організації які акредитовані державою.

Фахівці територіальних органів, які проводять державну повірку засобів вимірювальної техніки, повинні бути атестовані державою і мати відповідний статус повірителя.

12.3 Метрологічне забезпечення підготовки виробництва (МЗПВ)

МЗПВ – це комплекс організаційно-технічних заходів, що забезпечують визначення з необхідною точністю характеристик виробів, напівфабрикатів, складальних одиниць, матеріалів, сировини, параметрів технологічного процесу і обладнання, що дозволяють домогтися значного підвищення якості продукції, що випускається і зниження непродуктивних витрат на її розробку і виробництво.

Нормативною базою МЗПВ є стандарти державної системи вимірювань, єдиної системи технологічної підготовки виробництва, галузеві стандарти, стандарти підприємства, організаційно-методична і нормативна документація.

МЗПВ забезпечує:

- раціональну номенклатуру вимірюваних параметрів і норм точності вимірювань, що забезпечують достовірність вхідного і приймального контролю виробів, вузлів і матеріалів, а також контролю характеристик технологічних процесів і обладнання;
- забезпечення технологічних процесів сучасними методиками виконання вимірювань, що гарантують необхідну точність вимірювання, атестацію та стандартизацію цих методик;

- забезпечення (постачання, розробку, виготовлення) виробництва засобами вимірювання, в тому числі і вузькогалузевого спеціального призначення, а також нестандартизованих засобів вимірювання, засобів обробки та подання інформації за результатами вимірювань;

- забезпечення метрологічного обслуговування і, в першу чергу, перевірку засобів вимірювань;

- забезпечення умов виконання вимірювань, які встановлені у нормативній документації, підготовку виробничого персоналу і працівників відповідних служб підприємства до виконання контрольних-вимірювальних операцій, перевірки, ремонту та юстирування;

організацію і проведення метрологічного контролю або експертизи технічної документації.

Метрологічний контроль проводять при наявності необхідної документації, яка встановлює вимоги до метрологічного забезпечення. Якщо такої документації немає, то необхідна метрологічна експертиза. Метрологічний контроль або експертизу рекомендується проводити одночасно з нормоконтролем технічної документації.

Метрологічна експертиза технічної (конструкторської та технологічної) документації – це аналіз і оцінка технічних рішень по вибору параметрів, що підлягають вимірюванню, встановленню норм точності і забезпеченню методами і засобами вимірювань процесів розробки, виготовлення, випробування, експлуатації та ремонту виробів.

Конкретні види технічних документів, що підлягають метрологічній експертизі, порядок подання документації на експертизу, методи проведення експертизи окремих видів документів, підрозділи підприємства, які проводять експертизу, і її терміни регламентують в залежності від виду виробів і характеру виробництва стандартами, іншими нормативними документами та наказами підприємства.

Згідно з цими документами метою метрологічної експертизи є забезпечення достовірності і техніко-економічної ефективності вимірювань, використання сучасних методів, засобів вимірювання і методик виконання вимірювань.

При проведенні метрологічної експертизи необхідно здійснити:

- приведення документації у відповідність з метрологічними правилами і нормами, наявними в стандартах державної системи вимірювань, єдиної системи технологічної документації, єдиної системи конструкторської документації, єдиної системи технологічної підготовки виробництва;

- контроль відповідності засобів вимірювальної техніки вимогам метрологічного забезпечення процесів виробництва і контролю якості продукції;

- використання сучасних і прогресивних методів і засобів вимірювань, що забезпечують задану точність, зниження трудомісткості і собівартості контрольних операцій;

- контроль правильності використання фізичних величин, їх позначень;

- округлення чисельних значень відповідно до точності вимірювань;

- відповідність використовуваної термінології чинним стандартам.

Калібрування засобів вимірювальної техніки. Засоби вимірювання, які не підлягають державному метрологічному нагляду і вироблені, відремонтовані, продані, здані в оренду, імпортовані в Україну, повинні пройти калібрування як засоби, що знаходяться в експлуатації. До служб калібрування відносяться:

калібрувальні лабораторії підприємств і організацій, що мають право виконувати калібрування засобів вимірювання;

вимірювальні лабораторії підприємств і організацій, що мають право виконувати вимірювання.

Лабораторії калібрування і вимірювань повинні бути акредитовані метрологічними службами центральних органів виконавчої влади, підприємств і організацій, що мають право на акредитацію.

Метрологічне забезпечення та атестація нестандартизованих засобів вимірювань. На підприємствах і в організаціях для забезпечення виробничих процесів виготовлення деталей і виробів, випробування, контролю режимів технологічного процесу, проведення експериментальних і науково-дослідних робіт використовують засоби вимірювання спеціального призначення. Як правило, такі засоби вимірювання виробляють самі підприємства і організації, або за їх заявою, сторонні організації одиничними екземплярами або окремою партією без подальшого відтворення. Група таких засобів вимірювання отримала назву нестандартизованих засобів вимірювання (НЗВ).

З метою забезпечення єдності і достовірності вимірювань, які виконуються за допомогою НЗВ, державою встановлені єдині вимоги до метрологічного забезпечення їх виробництва і експлуатації:

- виготовлення відповідно до технічного завдання та технічних умов;
- забезпечення нормативною документацією і технічними засобами, необхідними для перевірки та технічного обслуговування, для виготовлення та експлуатації;
- постійної придатності для виконання вимірювань з нормованою для них точністю і своєчасним вилученням з обігу непридатних до використання установок;
- наявність раціональної номенклатури;
- впорядкування метрологічного нагляду (контролю);
- проведення метрологічної експертизи технічного завдання, технічної документації;
- проведення метрологічної атестації.

НЗВ треба використовувати виключно після їх метрологічної атестації, проведеної з метою встановлення метрологічних характеристик, перевірки їх відповідності вимогам технічного завдання, технічних умов і стандартів державної системи вимірювань, визначення метрологічних характеристик, що контролюють при експлуатації, а також придатність НЗВ для використання відповідно до призначення.

Питання для самоперевірки до двадцять сьомий лекції:

1. Що розуміється під терміном «вимірювання»?
2. Як забезпечується єдність і точність вимірювань?
3. У чому відмінність між термінами «дійсне» і «істинне» значення вимірюваної величин?
4. Що розуміють під терміном «похибка вимірювання»?
5. На які види поділяють величини в залежності від швидкості протікання процесу вимірювання?
6. На які види поділяють вимірювання за способом отримання результатів?
7. На які класи поділяють вимірювання за умовами визначаючими точність результатів?
8. На які види поділяють вимірювання за способом вираження результатів?
9. Які основні характеристики вимірювань вам відомі?
10. Що таке засіб вимірювання?
11. Які метрологічні характеристики мають засоби вимірювання?
12. Як визначається клас точності засобу вимірювання?
13. Які види похибок вимірювань вам відомі?
14. Які засоби вимірювань використовують для вимірювання різних фізичних величин?
15. Чому займаються метрологічні служби підприємств і організацій?
16. Для чого необхідна повірка засобів вимірювання?

17. Які існують види повірки?
 18. Які організації підлягають акредитації для проведення повірки?
 19. Для чого необхідно метрологічне забезпечення підготовки виробництва?
 20. Для чого потрібна метрологічна експертиза технічної документації?
 21. Для чого потрібне калібрування засобів вимірювальної техніки?
 22. Для чого потрібне метрологічне забезпечення та атестація нестандартизованих засобів вимірювань?

Література для додаткового навчання: [1, с.496-502].

Список використовуваних скорочень

ГКМВ	Генеральна конференція з мір і ваг
ДСТУ	Державний стандарт
ЄСДУЯП	Єдина системи державного управління якістю продукції
ЄСКД	Єдина система конструкторської документації
ЄСТД	Єдина система технологічної документації
ЄСТПВ	Єдина система технологічної підготовки виробництв
ІСО (ISO)	Міжнародна організація зі стандартизації
К-З	Контрольні калібри границі зносу робочих прохідних калібрів
К-НЕ	Контрольні непрохідні калібри
К-РП	Контрольні прохідні калібри
МЕК (IEC)	Міжнародна електротехнічна комісія
МЗПВ	Метрологічне забезпечення підготовки виробництва
МЗПВ	Метрологічне забезпечення підготовки виробництва
НД	Нормативний документ
НЗВ	Нестандартизовані засоби вимірювання
НОРМ	Наукова організація роботи з підвищенням моторесурсу
ООН	Організація Об'єднаних Націй
П-НЕ	Приймальні непрохідні калібри
П-ПР	Приймальні прохідні калібри
Р-НЕ	Робочі непрохідні калібри
Р-ПР	Робочі прохідні калібри
СБР	Система бездефектної роботи
СІ	Міжнародна система одиниць
СУЯП	Система управління якістю продукції
ТУ	Технічні умови

Список літератури

1. Іванов Г.О., Шебанін В.С., Бабенко Д.В. та ін. Практикум з дисципліни "Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання". Навчальний посібник для вищих навчальних закладів освіти / Г.О. Іванов, В.С. Шебанін, Д.В. Бабенко, С.І. Пастушенко, О.А. Горбенко, К.М. Думенко; заред. Г.О. Іванова, В.С. Шебаніна. - К.; Видавництво „Аграрна освіта”, 2008 - 648 с.: іл.
2. Гугнін В.П. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Навч. посіб. – Одеса: ОДПУ, 1998. - 68 с.
3. Гугнін В.П., Оборський Г.О. Основи метрології та вимірювальної техніки. Конспект лекцій для студентів-бакалаврів. – О.:«Астропринт», 2003.–200с.
4. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни “Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання” для студентів напрямку 6.0902 - інженерна механіка/ Авт.: В.П. Гугнін, Г.О. Оборський. - Одеса: Наука і техніка, 2005.
5. Закон України «Про стандартизацію»

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2408-14#Text>

6. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності»

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text>

ІНДЕКС

- абсолютні вимірювання, 124
агрегатування, 20
базова довжина, 75
биття в заданому напрямі, 67
бочкоподібність, 65
варіація показань, 126
величина плями контакту, 113
верхнє граничне відхилення, 34
взаємозамінність, 28
вимірювальне зусилля приладу, 126
вимірювальні прилади, 125
вимірювання максимально можливої точності, 124
вимірювання, 123
випадкові похибки, 126
випадкові похибки, 51
висока геометрична точність, 73
висота вихідного профілю різьби, 85
висота нерівностей профілю за десятьма точками, 76
вихідна ланка, 54, 55
відлікові передачі, 107
відносна опорна довжина профілю, 77
відносні вимірювання, 126
відомча повірка, 128
відхилення від круглості, 64
відхилення від площинності, 65
відхилення від прямолінійності осі, 65
відхилення від прямолінійності, 65
відхилення від циліндричності, 65
відхилення кроку зачеплення, 112
відхилення профілю поздовжнього перерізу, 65
відхилення форми заданого профілю, 67
відхилення форми заданої поверхні, 67
відхилення форми, 65
відхиленням розташування, 67
вільні розміри, 33
внутрішній діаметр різьби, 85
внутрішня взаємозамінність, 31
граничний розмір, 34
грубі похибки і промахи, 128
групова взаємозамінність, 60
державна повірка, 128
державна система стандартизації, 10
діапазон показань, 126
дійсне значення міри, 125
дійсне значення фізичної величини, 124
дійсним розмір, 33
добровільна сертифікація, 25
довговічність, 23
довжина згвинчування різьби, 85, 91
довжина згвинчування, 85
допуск, 28
допуск на боковий зазор, 115
допуск посадки, 38
допуск розміру, 35
достовірність вимірювань, 125
економічна ефективність стандартизації, 26
експертна повірка, 129
єдина система допусків і посадок, 40
єдина система конструкторської документації (ЄСКД), 21
єдина система технологічної підготовки виробництв (ЄСТПВ) 22
єдність вимірювань, 123
азор, 36
залежні допуски, 69
замикаюча ланка, 55, 56
засоби вимірювання, 125
збільшуючі ланки, 54
зведений середній діаметр болта, 88
зведений середній діаметр гайки, 88
зменшуючі ланки, 54
зовнішній діаметр різьби, 84
зовнішня взаємозамінність, 30
інспекційна перевірка, 129
інтервали розмірів, 40
істинне значення фізичної величини, 123
калібри, 45
калібрування, 130
квалітети, ступені точності, класи точності, 40
кінематична похибка зубчастого колеса, 110
кінематична похибка передачі, 110
кінематичні різьби, 83
клас точності приладу, 126
класи точності різьби, 90
класифікація, 12
кодекс усталеної практики, 8

коливальне навантаження, 104
 коливання вимірювального міжосьової відстані, 112
 коливання довжини загальної нормалі, 111
 контрольно-повірочні вимірювання, 124
 конусоподібність, 65
 кріпильні різьби, 83
 крок різьби, 85
 кут підйому різьби, 85
 кут профілю різьби, 85
 лінійний розмірний ланцюг, 54
 межа вимірювань, 126
 метод вимірювань, 125
 метод граничного підсумовування, 55
 метод компенсації, 62
 метрологічна служба підприємства, 127
 метрологія, 123
 миттєва пляма контакту, 113
 міжнародна електротехнічна комісія (МЕК), 10
 Міжнародна організація зі стандартизації (ІСО) 5,10
 міжнародна стандартизація, 8
 міжнародний та регіональний стандарти, 8
 міри, 125
 місцеве навантаження, 104
 надійність виробів, 23
 Найбільша висота профілю, 76
 найменший приписаний боковий зазор, 115
 натяг, 37
 національна стандартизація, 8
 національні стандарти, 8
 незалежні допуски, 68
 неповна (обмежена)
 взаємозамінність, 29
 непряме вимірювання, 124
 нижнє граничне відхилення, 34
 номінальне значення міри, 125
 номінальний розмір, 33
 номінальні геометричні поверхні, 31
 нормальна геометрична точність, 73
 нормативний документ, 8
 нульова лінія, 35
 об'єкти стандартизації, 8
 обов'язкова сертифікація, 25
 овальність, 64
 огранка, 64
 одиниця допуску, 40
 однібічність граничної системи, 49
 опосередковані вимірювання, 124
 основні відхилення, 40
 основоположні стандарти, 9
 охоплювані поверхні, 36
 охоплюючи поверхні, 36
 оцінка рівня якості, 24
 первинна повірка, 128
 перевірна задача, 55
 передачі загального призначення, 108
 перехідна посадка, 37
 періодична повірка, 128
 підвищена геометрична точність, 73
 підшипники кочення, 102
 плоский розмірний ланцюг, 54
 повірка засобів вимірювальної техніки, 128
 повна взаємозамінність, 28
 повне радіальне биття, 67
 повне торцеве биття, 67
 позачергова перевірка, 128
 половина кута профілю різьби, 85
 посадка з зазором, 36
 посадка з натягом, 37
 посадка, 36
 похибка вимірювання, 126
 похибка профілю зуба, 112
 похибки вимірювань, 126
 початкове і кінцеве значення шкали, 126
 правилом обходу за контуром, 54
 прилегла поверхня, 64
 принцип вимірювання, 125
 Принцип Гейлора, 50
 проектна задача, 55
 просторовий розмірний ланцюг, 54
 прямі вимірювання, 124
 радіальне биття зубчастого вінця, 111
 радіальне биття, 67
 реальні (дійсні) поверхні, 31
 регіональна стандартизація, 8
 рівень геометричної точності, 72
 робоча висота профілю різьби, 85
 розмірний ланцюг, 53
 середнє арифметичне відхилення, 76
 середнє квадратичне відхилення, 76
 середній діаметр різьби, 85
 середній крок місцевих виступів, 76

середній крок нерівностей профілю, 76
середня лінія профілю, 75
середня лінія профілю, 75
сертифікація, 25
силові передачі, 108
симпліфікація, 18
система допусків і посадок, 38
система переважних чисел, 15
система посадок основного валу, 38
система посадок основного отвору, 38
систематизація, 11
систематичні похибки, 51, 126
сідлоподібність, 65
спільні вимірювання, 124
спосіб допусків одного квалітету, 59
спосіб однакових допусків, 58
спосіб припасування, 62
спосіб регулювання, 62
спряжені розміри, 33
стабільність засобу вимірювання, 126
стандарт, 8
стандарти на методи контролю, 9
стандарти на продукцію та послуги, 9
стандарти на процеси, 9
стандарти чотирьох порядків, 14
стандартизація, 7
статичні вимірювання, 124
сумарна пляма контакту, 113
сумарна похибка контактної лінії, 114
температурний режим, 40
технічний регламент, 8
технічні вимірювання, 124
технічні умови, 8
технологічний компенсатор, 63
типізація, 19
торцеве биття, 67
точність вимірювань, 123
трубні і арматурні різьби, 84
увігнутість і вигнутість, 66
універсальна десяткова система класифікації (УДК), 13
уніфікація, 19
функціональна взаємозамінність, 28
функціональні параметри, 28
хвилястість поверхні, 73
хід різьби, 85
циркуляційне навантаження, 104
ціна поділки шкали, 126
чутливість вимірювального приладу, 126
швидкісні передачі, 108
шліцьові з'єднання, 119
шорсткість поверхні, 74
шпонкові з'єднання, 117
якість, 23

ЗМІСТ

<u>ВСТУП</u>	3
<u>1 ОСНОВИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ</u>	7
<u>1.1 Сутність і народногосподарське значення стандартизації</u>	7
<u>1.1.1 Нормативні документи зі стандартизації</u>	8
<u>1.1.2 Об'єкти стандартизації</u>	8
<u>1.2. Державна система стандартизації. Міжнародна стандартизація</u>	9
<u>1.2.1 Види стандартів</u>	9
<u>1.2.2 Міжнародна стандартизація</u>	9
<u>1.3 Методичні основи стандартизації</u>	11
<u>1.3.1 Систематизація, класифікація і кодування</u>	11
<u>1.3.2 Стандартизація типів і розмірів продукції</u>	13
<u>1.3.3 Методи стандартизації</u>	18
<u>1.4 Вітчизняні системи стандартів</u>	21
<u>1.4.1 Єдина система конструкторської документації (ЄСКД)</u>	21
<u>1.4.2 Єдина система технологічної документації (ЄСТД)</u>	21
<u>1.4.3 Державна система забезпечення єдності вимірювань</u>	22
<u>1.4.4 Система стандартів безпеки праці</u>	22
<u>1.4.5 Єдина система технологічної підготовки виробництв (ЄСТПВ)</u>	22
<u>1.5 Стандартизація та якість продукції</u>	22
<u>1.5.1 Основні терміни та визначення</u>	22
<u>1.5.2 Показники якості продукції</u>	23
<u>1.5.3 Оцінка рівня якості</u>	24
<u>1.5.4 Сертифікація</u>	25
<u>1.5.5 Техніко-економічна ефективність стандартизації</u>	26
<u>2 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО РОЗМІРИ І З'ЄДНАННЯ, СИСТЕМИ ДОПУСКІВ І ПОСАДОК</u>	27
<u>2.1 Взаємозамінність та її види</u>	28
<u>2.2. Номінальні і дійсні поверхні</u>	31
<u>2.3 Класифікація розмірів, граничні відхилення та допуски</u>	33
<u>2.4 Схеми розташування полів допусків</u>	35
<u>2.5 З'єднання і посадки</u>	36
<u>2.6 Принципи побудови систем допусків і посадок</u>	38
<u>2.7 Єдина система допусків і посадок на гладкі елементи деталей</u>	40
<u>2.8 Методика побудови полів допусків в ЄСДП</u>	42
<u>3 КОНТРОЛЬ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ГЛАДКИМИ КАЛІБРАМИ</u>	45
<u>3.1 Класифікація калібрів</u>	45
<u>3.2 Схема контролю деталей калібрами</u>	45
<u>3.3 Схеми розташування полів допусків калібрів</u>	47
<u>4 РОЗМІРНІ ЛАНЦЮГИ</u>	51
<u>4.1 Похибки виготовлення деталей</u>	51
<u>4.2 Класифікація розмірних ланцюгів</u>	53

4.3	<u>Задачі, що вирішують під час розрахунку розмірних ланцюгів</u>	55
4.4	<u>Метод групової взаємозамінності (селективне складання)</u>	60
4.5	<u>Метод компенсації</u>	62
<u>5 ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ЗА ФОРМОЮ ТА РОЗТАШУВАННЯМ ПОВЕРХОНЬ</u>		64
5.1	<u>Відхилення форми поверхонь</u>	64
5.2	<u>Відхилення розташування поверхонь</u>	67
5.3	<u>Сумарні відхилення форми і розташування поверхонь</u>	67
5.4	<u>Позначення відхилень форми і розташування поверхонь</u>	68
<u>6 ХВИЛЯСТІСТЬ І ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ</u>		73
6.1	<u>Хвилястість поверхні</u>	73
6.2	<u>Шорсткість поверхні</u>	74
6.3	<u>Позначення шорсткості поверхні на кресленнях</u>	78
<u>7 ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ</u>		83
7.1	<u>Основні параметри метричної різьби</u>	83
7.2	<u>Посадки різьбових з'єднань з зазором</u>	88
7.3	<u>Різьби з перехідними посадками</u>	92
7.4	<u>Посадки різьбових з'єднань з натягом</u>	94
7.5	<u>Послідовність побудови полів допусків різьби</u>	96
7.6	<u>Калібри для метричної різьби</u>	101
<u>8 ДОПУСКИ І ПОСАДКИ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ</u>		102
8.1	<u>Особливості системи допусків і посадок підшипників кочення</u>	102
8.2	<u>Вибір полів допусків підшипників</u>	104
8.3	<u>Розрахунок і вибір посадок підшипників кочення</u>	105
<u>9 ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ</u>		107
9.1	<u>Вимоги до точності зубчастих передач</u>	107
9.2	<u>Система допусків і посадок для циліндричних зубчастих коліс</u>	108
9.2.1	<u>Кінематична точність</u>	110
9.2.2	<u>Плавність роботи передачі</u>	112
9.2.3	<u>Контакт зубів передачі</u>	113
9.2.5	<u>Позначення зубчастих коліс і передач на кресленнях</u>	116
<u>10. ДОПУСКИ І ПОСАДКИ ШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ</u>		117
<u>11. ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ</u>		119
11.1	<u>Загальні відомості про шліцьові з'єднання</u>	119
11.2.	<u>Допуски і посадки з'єднань з прямобічним профілем зубів</u>	121
<u>12. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ І ТОЧНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ</u>		123
12.1	<u>Фізична величина і її вимірювання</u>	123
12.2	<u>Класифікація засобів вимірювання в техніці і їх метрологічні характеристики</u>	125
12.3	<u>Метрологічне забезпечення підготовки виробництва (МЗПВ)</u>	129
<u>Список використовуваних скорочень</u>		132
<u>Список літератури</u>		132
<u>ІНДЕКС</u>		133

