

**I.C. СІРИЙ**

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ,  
СТАНДАРТИЗАЦІЯ  
І ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**

**2-е видання доповнене і перероблене**

***ПІДРУЧНИК***

**Схвалено Міністерством аграрної політики України  
як підручник для студентів аграрних вищих навчальних  
закладів III–IV рівнів акредитації**

**КИЇВ  
“АГРАРНА ОСВІТА”  
2009**

**УДК 006.91:63**

*Гриф надано Міністерством  
аграрної політики України  
(лист № 18–128–128/1299  
від 13.08. 2008 р.)*

Автор **Сірий І.С.**, к.т.н., проф. Таврійського ДАТУ

Рецензенти: **Лук'яненко В.М.**, к.т.н., доц. Харківського  
НТУСГ;  
**Аблогін М.М.**, к.т.н., доц. Таврійського ДАТУ

**Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання**  
(2-е видання доповнене і перероблене): Підручник / За ред. Сірого І.С. –  
К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.

ISBN 978-966-7906-53-5

Викладено загальні принципи стандартизації і особливості національної стандартизації в Україні. Розглянуто систему допусків і посадок ISO, що прийнята як українські національні стандарти, принципи розрахунку і вибору норм точності, що забезпечують взаємозамінність при виробництві, експлуатації і ремонті машин.

Описано пристрої засобів вимірювання, правила їх настроювання, регулювання і методику вибору засобів вимірювання достатньої точності.

**ISBN 978-966-7906-53-5**

**© І.С. Сірий, 2009**

---

---

## ПЕРЕДМОВА

Перехід України до ринкової економіки поставив завдання забезпечити випуск продукції високої якості, конкурентоспроможної не лише на внутрішньому, але й на зовнішньому ринку.

Дисципліна “Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання” навчає розглядати завдання вдосконалення якості виготовлення, експлуатації та ремонту сільськогосподарської техніки комплексно – з позиції стандартизації, забезпечення взаємозамінності і контролю встановлених технічних вимог.

Сьогодні, коли для виробництва однієї машини необхідна кооперація сотень підприємств різних галузей промисловості, питання якості продукції неможливо вирішити без розширення робіт у стандартизації, спрямованих на удосконалення системи взаємозамінності, метрологічного забезпечення, поліпшення методів і засобів контролю продукції.

Курс “Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання” є логічним завершенням циклу загальнотехнічних дисциплін: теорії механізмів і машин, технології конструкційних матеріалів, опору матеріалів, деталей машин.

Якщо інші дисципліни є теоретичною основою проектування машин і механізмів, використання типових деталей машин, розрахунку їх на міцність і жорсткість, то даний курс розглядає питання забезпечення точності геометричних параметрів як необхідної умови взаємозамінності і таких важливих показників якості, як надійність і довговічність.

Завдання підвищення якості виготовлення, експлуатації та ремонту сільськогосподарської техніки можна розглядати комплексно, лише використовуючи принципи стандартизації, взаємозамінності і контролю встановлених технічних вимог.

Мета дисципліни – здобуття теоретичних знань і практичних навичок використання і додержання вимог комплексних систем загальнотехнічних стандартів, виконання точних розрахунків з вибору посадок типових спряжень, метрологічного забезпечення під час виготовлення, експлуатації й ремонту сільськогосподарської техніки.

У результаті вивчення курсу необхідно **знати** основні положення, поняття в галузі стандартизації; вимоги стандартів до управління якістю продукції на всіх етапах життєвого циклу продукції; основні поняття теорії взаємозамінності і технічних вимірювань;

---

---

правила позначення норм точності на конструкторській і технологічній документації; методики розрахунку і вибору стандартних посадок типових з'єднань деталей машин; розрахунок розмірних ланцюгів; будову засобів вимірювання лінійних і кутових величин, їх настрійку, правила експлуатації і методику вибору.

Також необхідно мати уяву про систему управління якістю продукції і вміти практично вибирати параметри за таблицями єдиної системи допусків і посадок, позначити норми точності в складальних і робочих кресленнях деталей, вибирати вимірювальні засоби і користуватися ними.

---

---

# 1. НАЦІОНАЛЬНА СТАНДАРТИЗАЦІЯ В УКРАЇНІ

## 1.1. Загальні положення

Стандартизація – основа управління якістю. Вона глибоко увійшла в життя людей. З нею вони постійно зіштовхуються і на виробництві, і у побуті. Але дати коротке наукове визначення стандартизації неможливо, тому, що воно повинно включати дуже широке коло питань і областей діяльності.

Міжнародна організація стандартизації (ISO) прийняла наступне формулювання:

**стандартизація** – це встановлення та застосування правил з метою упорядкування в визначеній області на користь і за участі всіх зацікавлених сторін і, зокрема, для досягнення загальної економії при дотриманні умов експлуатації (використання) і вимог безпеки. Стандартизація ґрунтується на об'єднаних досягненнях науки, техніки й практичного досвіду, визначає основу не тільки сьогодення, але й майбутнього розвитку та повинна здійснюватися нерозривно із прогресом.

Потреба у встановленні й застосуванні правил з'явилася з виникненням людської спільності. Писемність, літочислення, система лічення, грошові одиниці, одиниці мір і ваг – це перші кроки стандартизації [9].

У Єгипті – будівництво пірамід, у Вавилоні – вежі, у Венеції – будівля кораблів на потоці були можливі тільки з використанням стандартних блоків, цегли, деталей.

У Росії за Івана 4 були стандартизовані калібри для ядер до гармат. За Петра Першого, – типи кораблів, корабельне спорядження й озброєння.

Розвиток залізничного транспорту зажадав стандартизації ширини колії, діаметра коліс, висоти зчіпних пристроїв, фарбування вагонів. Але своїх стандартів у Росії не було, тому що не було єдності мір, діяли одночасно аршинна, дюймова й метрична системи мір.

Метрична система мір, як єдина, уведена декретом від 15 вересня 1918 року. Комітет зі стандартизації був створений 15 вересня 1925 року, яким за весь час було розроблено понад 25 тисяч державних загальносоюзних стандартів (ГОСТів).

---

---

Відповідно до міжнародної термінології стандартизація, здійснювана на рівні однієї держави, є національною. В Україні національна стандартизація ґрунтується на комплексі основних стандартів, розроблених виходячи з вимог “Закону про стандартизацію” прийнятого Верховною Радою 17.05.2001 р. №2408-111 нових документів міжнародних і регіональних організацій стандартизації.

Цей комплекс, що складається з 10 стандартів установлює вимоги до національної стандартизації і правила її функціонування.

Положення національної стандартизації застосовуються всіма суб'єктами стандартизації й суб'єктами підприємництва незалежно від форми власності і виду діяльності, а також громадськими організаціями.

**Ціль стандартизації** – встановлення положень, які забезпечують відповідність об'єкта стандартизації своєму призначенню, безпеці його для життя, здоров'я людей, тварин, рослин, а також майна й охорони навколишнього середовища, що створює умови для раціонального використання всіх видів національних ресурсів, що сприяє усуненню технічних бар'єрів у торгівлі й підвищує конкурентоспроможність продукції до рівня розвитку науки, техніки й технологій.

**Державна політика в області стандартизації** ґрунтується на наступних принципах:

- забезпечення участі фізичних і юридичних осіб у розробці стандартів і можливості вільно вибирати стандарти для виготовлення й постачання продукції, якщо інше не передбачено законодавством;
- відкритості й прозорості процедур розробки й прийняття стандартів;
- відповідності стандартів законодавству;
- адаптації до сучасних досягнень науки, техніки і стану національної економіки;
- пріоритетності прямого прийняття міжнародних і регіональних стандартів;
- дотримання міжнародних і європейських правил і процедур стандартизації;

**Стандартизація** – діяльність, що укладається у встановленні положень для загального й багаторазового застосування щодо наявних або можливих завдань з метою досягнення оптимального ступеня упорядкування деякою мірою відповідності продукції, процесів і

---

---

послуг їхньому функціональному призначенню, усуненню бар'єрів у торгівлі і сприяння науково-технічному співробітництву.

У цьому визначенні підкреслюється головна суть стандартизації: “встановлення положень для загального й багаторазового використання”. У такому випадку з об'єктів стандартизації відразу виключаються твори літератури, мистецтва, ювелірні вироби, предмети народного промислу.

**Об'єктами стандартизації** можуть бути вироби (збірне поняття – продукція), процес чи послуга, а також матеріали, компоненти, обладнання, системи, сумісність, правила, процедури, функції, методи чи діяльність.

Результатом робіт зі стандартизації є стандарти й інша нормативна документація.

**Стандарт** – створений на основі консенсусу й затверджений визнаним органом нормативний документ, що встановлює для загального й багаторазового застосування правила, загальні принципи або характеристики різного виду діяльності або її результатів і який спрямований на досягнення оптимального ступеня впорядкованості в певній області й доступний широкому колу користувачів.

Стандарти повинні ґрунтуватися на досягненнях науки, техніки й практичного досвіду, бути спрямованими на збільшення суспільної вигоди.

**Консенсус** – загальна згода, що характеризується відсутністю серйозних заперечень з істотних питань у більшості зацікавлених сторін, котре є процесом прагнення врахувати думки всіх сторін, досягти згоди з суперечливих питань.

Консенсус не передбачає обов'язкової і повної єдності.

В Україні прийняті наступні **категорії** нормативної документації *на державному рівні*:

✓ **національні стандарти** – державні стандарти України (ДСТУ), прийняті Держспоживстандартом і доступні для широкого кола користувачів;

✓ **державний класифікатор (ДК)**;  
*для інших рівнів:*

**1. Кодекс сформованої практики** (звід правил) – документ, що утримує практичні правила або процедури проектування, виготовлення, монтажу, технічного обслуговування, експлуатації обладнання, конструкцій або виробів. Кодекс сформованої практики може стати стандартом, частиною стандарту або окремим документом;

---

---

**2. Технічні умови – (ТУУ)** нормативний документ, що встановлює технічні вимоги, яким повинні відповідати продукція, призначена для самостійного постачання, виконання процесів або надання послуг замовникові і регулюють відношення між виробником (постачальником) і споживачем (користувачем). Технічні умови можуть бути стандартом, частиною стандарту або окремим документом.

**3. Стандарт організації (СОП)**

**4. Стандарт наукового, науково-технічного або інженерного суспільства або союзу (СТУ).**

**Технічний регламент** – нормативно-правовий акт, прийнятий органом державної влади, що встановлює технічні вимоги до продукції, процесам або послугам, безпосередньо або через посилання на стандарти, або відтворює їхній склад. Технічний регламент встановлює вимоги до продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації, а технічні умови – на іншу продукцію.

Залежно від об'єкта стандартизації встановлюють такі види стандартів:

- основний стандарт,
- термінологічний стандарт,
- стандарт на методи випробування,
- стандарти на продукцію,
- стандарти на процес,
- стандарти на послугу,
- стандарти на сумісність,
- стандарти загальних технічних вимог.

## **1.2. Організація робіт із стандартизації**

Центральним органом виконавчої влади в сфері стандартизації є Державний комітет з питань технічного регулювання й споживчої політики (**Держспоживстандарт**) (рис. 1).

Центральний орган виконавчої влади в сфері стандартизації організовує, координує і проводить діяльність із розробки, схвалення, прийняття, перегляду, зміни, розповсюдження національних стандартів і як національний орган стандартизації представляє Україну в міжнародних і регіональних організаціях із стандартизації.

Держспоживстандарт виконує **основні функції**:

- забезпечує реалізацію державної політики в сфері стандартизації;



- 
- 
- вживає заходів щодо гармонізації розроблювальних національних стандартів з відповідними міжнародними (регіональними) стандартами;
  - бере участь у розробці й узгодженні технічних регламентів і інших нормативно-правових актах з питань стандартизації;
  - встановлює правила розробки, схвалення, прийняття, перегляду, зміни і втрати дії національних стандартів, їхнього позначення, класифікації по видах і інших ознаках, кодування й реєстрації;
  - вживає заходів щодо виконання зобов'язань, обумовлених участю в міжнародні (регіональних) організації стандартизації;
  - співробітничас в сфері стандартизації з відповідними органами інших держав;
  - формує програму робіт зі стандартизації і координує її реалізацію;
  - ухвалює рішення щодо створення і припинення діяльності технічних комітетів стандартизації, визначає їхні повноваження і порядок створення;
  - організує створення і ведення національного фонду нормативних документів і національного центра інформативної міжнародної мережі ISONET WTO;
  - організує подання інформаційних послуг з питань стандартизації.

Свою діяльність Держспоживстандарт здійснює через систему органів і служб, і погоджує її з колегіальним консультативно-дорадчим органом при Кабінеті Міністрів України – **Радою стандартизації**.

Персональний склад Ради і положення про нього затверджує Кабінет Міністрів України.

Основною метою діяльності Ради є налагодження взаємодії між виробниками, споживачами продукції і органами державної влади, узгодження інтересів у сфері стандартизації, сприяння розвитку стандартизації.

Рада формується на паритетних засадах із представників органів виконавчої влади, центрального органа виконавчої влади в сфері стандартизації, суб'єктів господарювання, Національної академії наук України, галузевих академій і відповідних громадських організацій. Діяльність Ради базується на основах відкритості й гласності.

Основною функцією Ради є вивчення, аналіз і розробка пропозицій щодо вдосконалення діяльності в сфері стандартизації

---

---

відносно:

- створення технічних комітетів стандартизації й визначення напрямків їхньої діяльності;
- прийняття міжнародного, регіонального або іншого стандарту як національного стандарту;
- проведення експертиз проектів технічних регламентів і інших нормативних документів з питань технічного регулювання;
- програм робіт зі стандартизації.

Держспоживстандарт створює технічні комітети, на які покладають функції з розробки, розгляду й узгодження міжнародних (регіональних) і національних стандартів.

**Технічні комітети стандартизації (ТК)** формуються з урахуванням принципу представництва всіх зацікавлених сторін. До роботи в технічних комітетах стандартизації залучаються на добровільних засадах уповноважені представники органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання і їх об'єднань, науково-технічних і інженерних суспільств (спілок), споживачів, що відповідають суспільній організації, ведучі науковці і фахівці.

Організаційне забезпечення діяльності технічних комітетів здійснюють їхні секретаріати.

Положення про технічні комітети затверджує Держспоживстандарт.

Технічні комітети стандартизації не можуть мати на меті одержання прибутку від своєї діяльності.

Національні стандарти розробляються технічними комітетами стандартизації, а у випадку їх відсутності – іншими суб'єктами стандартизації, що мають для цього відповідний науково-технічний потенціал.

Іншими суб'єктами, що займаються стандартизацією є:

Центральні органи виконавчої влади, Верховна Рада, Рада міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві органи виконавчої влади й органи місцевого самоврядування, суб'єкти господарювання і їх об'єднання. Громадські організації мають право у відповідних сферах діяльності і в рамках повноважень, встановлених законом, з урахуванням своїх господарських і професійних інтересів організувати і виконувати роботи зі стандартизації.

Інформувати центральний орган виконавчої влади в сфері стандартизації про роботи зі стандартизації по своїх напрямках.

---

---

Зацікавлені особи мають право брати участь у сфері стандартизації, розглядати проекти розроблювальних національних стандартів, надавати розроблявачам відповідні пропозиції і зауваження до них.

Міністерство оборони України, з огляду на особливості сфери оборони, визначає порядок застосування стандартів для забезпечення потреб оборони України відповідно до покладених на нього функцій.

Стандарти повинні відповідати потребам ринку, сприяти розвитку вільної торгівлі, підвищенню конкурентоспроможності вітчизняної продукції і бути викладені таким чином, щоб їх неможливо було використовувати з метою обману споживачів продукції, якої стосується стандарт, або віддавати перевагу виробнику продукції залежно від місця її застосування.

Об'єкт стандартизації може бути об'єктом інтелектуальної або промислової власності, якщо розроблявач стандарту у встановленому законодавством порядку одержав дозвіл у власника прав на цей об'єкт.

НД розробляється ТК або іншими суб'єктами стандартизації відповідно до основних принципів державної політики в сфері стандартизації.

Для організаційно-методичної однаковості встановлені сім етапів розробки стандартів всіх категорій:

1-й – організація розробки НД;

2-й – розробка першої редакції проекту й розсилання на відкликання;

3-й – розробка другої редакції проекту й розсилання на узгодження;

4-й – розробка остаточної редакції проекту й підготовка справи НД (з огляду на зауваження при узгодженні);

5-й – державна експертиза проекту;

6-й – прийняття й твердження в дію;

7-й – державна реєстрація й видання НД.

В обґрунтованих випадках дозволяється перші чотири етапи поєднувати.

Затверджуючи НД, визначають термін його дії з урахуванням часу, необхідного для підготовки впровадження.

НД вважають впровадженим, якщо встановлені їм положення витримуються у відповідній сфері використання.

---

---

Держспоживстандарт і його органи здійснюють **державний нагляд** за впровадженням і дотриманням стандартів і технічних умов всіма підприємствами, установами і організаціями незалежно від форм власності і видів діяльності, а також громадянами – суб'єктами підприємницької діяльності на всій території України.

Технічні комітети, а також інші суб'єкти стандартизації повинні систематично, як правило, **не рідше одного разу на п'ять років**, перевіряти закріплені за ними стандарти для визначення їхнього науково-технічного рівня.

Пропозиції про доповнення й зміну стандартів або їх скасування і зміну новим стандартом може вносити тільки організація, що його затверджує.

Інформація про зміни, термін змін національних стандартів публікуються в офіційному виданні центрального органу виконавчої влади в сфері стандартизації не пізніше, ніж за 90 днів до строку набрання ними чинності.

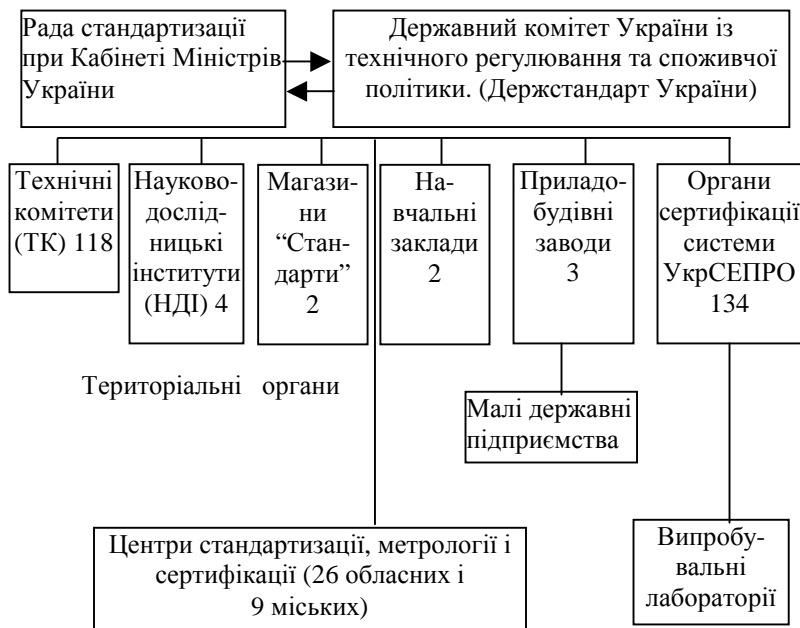
Держспоживстандарт утворить інформаційні фонди і забезпечує споживачів інформацією про:

- ДСТУ, міждержавні, міжнародні, регіональні і національні стандарти інших країн;
- державні класифікатори техніко-економічної й соціальної інформації;
- сертифікати, виданих або визнаних у встановленому порядку;
- технічні комітети;
- органи з сертифікації;
- іспитові лабораторії (центру);
- характеристики і властивості матеріалів і речей.

Держспоживстандарт є розпорядником майнових прав відносно ДСТУ, а інший НД – підприємство або орган, що затвердили ці нормативні документи.

Держспоживстандарт представляє інтереси України в міжнародних організаціях із стандартизації.

Структура органів і служб стандартизації в Україні представлена на рис. 1.1.



**Рис. 1.1. Структура Держспоживстандарту**

### **1.3. Порядок застосування стандартів**

Відповідно до основного принципу міжнародної стандартизації стандарти застосовуються на добровільній основі, якщо інше не встановлене законодавством. Застосування стандартів або їхніх останніх положень стає обов'язковим для:

- всіх суб'єктів господарювання, якщо це передбачено в технічних регламентах або інших нормативно-правових актах;
- учасників узгодження (контракту) щодо розробки, виготовлення або поставки продукції, якщо в ньому є посилання на певні стандарти;
- виробника або постачальника продукції, якщо він склав декларацію про відповідність продукції певним стандартам або застосував позначення цих стандартів у її маркуванні;

---

---

• виробника або постачальника, якщо його продукція сертифікована щодо витримування вимог стандартів.

Міжнародні (регіональні) стандарти й стандарти інших країн, якщо їх вимоги не суперечать законодавству України, можуть бути застосовані в Україні у встановленому порядку шляхом посилань на них у національних і інших стандартах.

Стандарти, застосовувані в період виготовлення продукції, повинні зберігатися у виробника протягом 10 років після випуску останнього виробу даного виду продукції.

Технічні регламенти й інші нормативно-правові акти встановлюють обов'язкові вимоги відносно:

✓ захисту життя, здоров'я й майна людини;

✓ захисту тварин, рослин;

✓ захисту навколишнього середовища;

✓ безпеки продукції, процесів і послуг;

✓ попереджати введенню в обіг щодо призначення й безпеки продукції; усунення погрози національної безпеки.

Державне спостереження за застосуванням вимог технічних регламентів або інших нормативно-правових актів здійснюється Держспоживстандартом і його органами в порядку, установленому законодавством.

Особи, винні в порушенні законодавства в сфері стандартизації, несуть відповідальність відповідно до законів України.

#### **1.4. Міжнародна стандартизація і участь у ній України**

Розширення міжнародної торгівлі, науково-технічного співробітництва, зміцнення економічних і культурних зв'язків нагально вимагають встановлення єдиних норм, правил, вимог, тобто розвитку міжнародної стандартизації.

Національні стандарти, які відрізняються один від одного, є бар'єром, що утруднює торгівлю, обмін науково-технічною документацією, заважає розвиткові міжнародної кооперації виробництва.

З метою зміцнення зв'язків між національними організаціями стандартизації і розширення співробітництва створені міжнародні організації.

У 1946 році була створена ISO – міжнародна організація стандартизації (ISO від грецького isos – рівний).

ISO – міжнародна неурядова організація, користується консультативним статусом Організації Об'єднаних Націй. Офіційними

---

---

мовами ISO російська, англійська і французька. Вищим органом є Генеральна асамблея – загальні збори представників усіх національних організацій стандартизації країн – членів ISO, яка збирається, як правило, не менше одного разу в три роки. Резолюція приймається більшістю голосів.

Основна функція ISO – розробка міжнародних стандартів – виконується спеціально створеними технічними комітетами і підкомітетами ТК (ПК), кожний з яких спеціалізується за своїм профілем, наприклад, ТК-3 “Допуски і посадки”, ТК-22 “Автомобілі”, ТК-22Г “Сільськогосподарські машини”.

У роботі ТК беруть участь понад 30 експертів. Ними розроблені і затверджені понад 13 тисяч стандартів.

Членами ISO є понад 120 країн, з 1993 року є і Україна.

Участь у роботі ISO відіграє важливу роль у підвищенні якості стандартів, дає можливість одержувати інформацію про досягнення зарубіжної науки і техніки, використовувати прийняті пропозиції і стандарти ISO при розробці державних стандартів, популяризувати за кордоном свої державні стандарти.

З 1963 року в ISO діє як автономна організація електротехнічне відділення – Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК), яка займається координацією і розробкою стандартів у галузі електротехніки, радіотехніки та електроніки.

З міжнародною організацією ISO співпрацюють інші міжнародні та регіональні організації зі стандартизації. В 1992 році Україною була підписана угода про проведення державами СНД погодженої політики зі стандартизації, метрології та сертифікації, створено Раду з цих питань, а також передбачено, що державні стандарти (ГОСТ) колишнього Союзу є власністю всіх держав, які підписали угоду, і використовуються як **міждержавні стандарти** до розробки своїх національних стандартів.

Зважаючи на важливість гармонізації українських стандартів з міжнародними та регіональними, Україна бере активну участь у роботі європейських організацій зі стандартизації CEN та CENELEC, членом яких вона є з 1997 року.

З метою подолання технічних бар’єрів у міжнародній торгівлі, забезпечення національного режиму стосовно імпортованих товарів відповідно до норм та принципів Світової організації торгівлі WTO Україна приєдналася до Кодексу добросовісної практики щодо підготовки, прийняття та впровадження стандартів WTO.

---

---

## Контрольні питання

1. Що таке стандартизація?
2. На чому ґрунтується Національна стандартизація в Україні?
3. Цілі, які має досягти стандартизації?
4. Що таке стандарт?
5. Які категорії нормативної документації встановлені в Україні?
6. Які види стандартів встановлені залежно від об'єкта стандартизації?
7. Як зветься центральний орган виконавчої влади в галузі стандартизації?
8. Які функції виконують технічні комітети стандартизації?
9. Які сім етапів встановлені при розробці стандартів?
10. Хто здійснює державний нагляд за дотриманням стандартів?
11. Який термін перегляду науково-технічного рівня стандартів встановлено і хто його виконує?
12. Який порядок застосування стандартів діє в Україні?
13. Які задачі вирішує міжнародна стандартизація?

## Тести

1. Національна стандартизація в Україні ґрунтується на:
  - а) постанові Держспоживстандарту;
  - б) декреті Кабінету Міністрів;
  - в) законі України.
2. Представляє інтереси України в міжнародних організаціях зі стандартизації:
  - а) Кабінет Міністрів;
  - б) Міністерство іноземних справ;
  - в) Держспоживстандарт.
3. Стандарт – це:
  - а) закон;
  - б) нормативний документ;
  - в) практичні правила.
4. Науково-технічний рівень стандартів перевіряється кожні:
  - а) 3 роки;
  - б) 5 років;
  - в) 10 років.



---

---

## 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

### 2.1. Класифікація і кодування

Розвиток виробництва пов'язаний з нагромадженням і опрацюванням великого потоку інформації для обліку і оперативного управління. Вирішити таке завдання можна тільки за допомогою ЕОМ в автоматизованих системах (АСУ). Нині створюється загальнодержавна автоматизована система нагромадження і обробки інформації, проте функціонування її можливе лише за наявності в усіх галузях єдиної мови, зручної для введення інформації в ЕОМ, збереження і видачі її з ЕОМ. Така машинна мова – мова цифрових кодів – на сьогодні створена.

Державна система класифікації і кодування складається з комплексу взаємопов'язаних класифікаторів промислової та сільськогосподарської продукції, конструкторської документації і технологічного класифікатора. **Класифікатор** – документ, в якому відповідно до ознак класифікації та методів кодування об'єкти класифікації розподілено на угруповання і цим угрупованням надано коди.

У кожному класифікаторі дві частини – назва об'єкта і відповідний назві код. Назва служить для обміну інформацією між людьми і для переведення природної мови в мову числових кодів. **Числові коди**, як більш економічні порівняно з назвою форми запису, використовуються при обміні інформацією на рівні документів, а також на рівні каналів зв'язку при обробці інформації на ЕОМ. При видачі інформації числові коди у необхідних випадках замінюються словами.

При створенні класифікатора продукції прийнятий принцип послідовної конкретизації класифікаційних групувань.

Вищим класифікатором групування є клас, до якого входить продукція, що характеризується комплексом однорідних ознак. Уся продукція розбита на 100 класів, кожний клас на 10 підкласів, кожний підклас на 10 груп, кожна група на 10 підгруп і кожна підгрупа на 10 видів.

Для кодування ознак об'єктів зручна блочна побудова класифікаторів, при якій використовуються кілька класифікаторів.

Класифікація і кодування є попереднім, але абсолютно необхідним елементом під час виконання робіт із стандартизації.

---

---

## 2.2. Система переважаючих чисел і параметричні ряди

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

При цьому числові характеристики параметрів можуть мати різні значення.

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

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

**Система переважаючих чисел** є теоретичною базою і основою стандартизації.

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

Про можливість взаємозв'язку параметрів окремих видів продукції свідчить приклад організації контейнерних перевезень водним, залізничним і автомобільним транспортом, при яких пов'язані параметри контейнерів, суден, вагонів і платформ, автомобільних кузовів, підйомно-транспортних пристроїв у місцях перевантаження контейнерів.

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

$$1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - \dots$$

$$25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - \dots$$

різниця становить відповідно 1 і 5.

Застосування арифметичної прогресії не потребує округлення.

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

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

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

Дещо частіше використовують ступінчасто-арифметичні ряди, в яких різниця (інтервал) значень є постійною не для всього ряду, а тільки для певної його частини. Прикладом такого вирішення є ступінчасто-арифметичні ряди стандартної різьби. Діаметри різьби за ГОСТ 8724-81 мають такі значення: 1–1,1 – 1,2 – 1,4 – 1,6 – 1,8 – 2,0 – 2,2 – ... – 2,5 – 3,0 – 3,5 – 4,0 – 4,5 – 5,0 – ...– 145 – 150 – 155 – 160 – 165..., у яких різниця зростає із збільшенням абсолютного розміру і відповідно дорівнює 0,1; 0,2; 0,5; 5.

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

Наприклад:  $1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 32 \dots$   
 $1 - 1,1 - 1,21 - 1,331 \dots$

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

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

**Таблиця 1. Геометричні прогресії із знаменниками**

Умовне позначення ряду	Знаменник прогресії	Кількість членів у межах ряду
R <sub>5</sub>	$\sqrt[5]{10} = 1,6$	5
R <sub>10</sub>	$\sqrt[10]{10} = 1,25$	10
R <sub>20</sub>	$\sqrt[20]{10} = 1,12$	20
R <sub>40</sub>	$\sqrt[40]{10} = 1,059$	40
R <sub>80</sub>	$\sqrt[80]{10} = 1,029$	80
R <sub>160</sub>	$\sqrt[160]{10} = 1,0$	160

Число в умовному позначенні ряду ( $R_5$ ,  $R_{10}$  та ін.) є степінь кореня із 10 і в той же час вказує на кількість членів у межах ряду (наприклад, у ряду  $R_{20}$  знаменник дорівнює  $\sqrt[20]{10}$ ).

Основні ряди переважаючих чисел наведено в табл. 2.

**Таблиця 2. Основні ряди переважаючих чисел**

Основні ряди				Номер переважаючого числа
$R_5$	$R_{10}$	$R_{20}$	$R_{40}$	
1	2	3	4	5
1,00	1,00	1,00	1,00	0
			1,06	1
		1,12	1,12	2
			1,18	3
	1,25	1,25	1,25	4
			1,32	5
		1,40	1,40	6
			1,50	7
1,60	1,60	1,60	1,60	8
			1,70	9
		1,80	1,80	10
			1,90	11
	2,00	2,00	2,00	12
			2,12	13
		2,24	2,24	14
			2,36	15
2,50	2,50	2,50	2,50	16
			2,65	17
		2,80	2,80	18
			3,00	19
	3,15	3,15	3,15	20
			3,35	21
		3,55	3,55	22
			3,75	23
4,00	4,00	4,00	4,00	24
			4,25	25
		4,50	4,50	26
			4,75	27

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5
	5,00	5,00	5,00	28
			5,30	29
		5,60	5,60	30
			6,00	31
6,30	6,30	6,30	6,30	32
			6,70	33
		7,10	7,10	34
			7,50	35
	8,00	8,00	8,00	36
			8,50	37
		9,00	9,00	38
			9,50	39
10,00	10,00	10,00	10,00	40

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

При встановленні параметрів слід надавати перевагу: ряд  $R_5$ , ряду  $R_{10}$ , ряд  $R_{10}$  – ряду  $R_{20}$ , ряд  $R_{20}$  – ряду  $R_{40}$ .

Починаючи із ряду  $R_{10}$ , серед переважаючих чисел є число 3, 15, яке приблизно дорівнює  $\pi$ . Тому при виборі діаметрів із ряду переважаючих чисел довжини кола і площі кругів будуть також переважаючими числами.

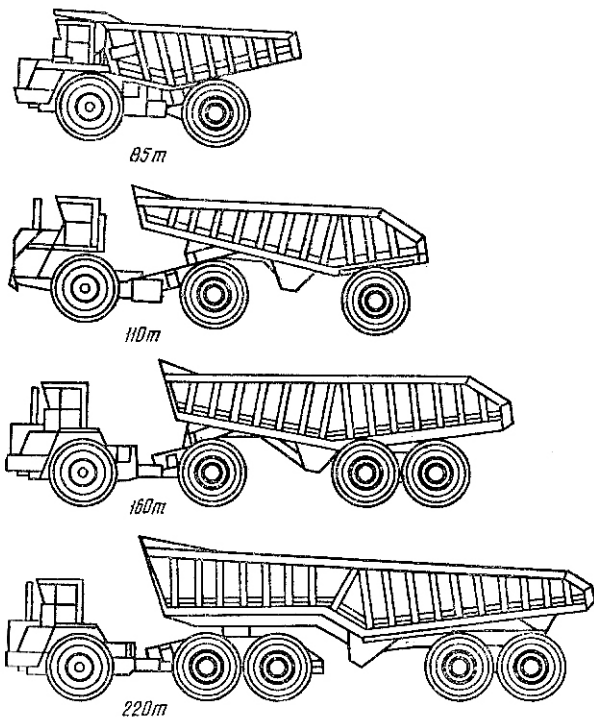
Не завжди є потреба використати усі числа того чи іншого ряду. Стандартом допускається використовувати вибірково і складові ряди.

Вибіркові ряди переважаючих чисел повинні застосовуватись тоді, коли зменшення кількості градацій створює додатковий економічний ефект порівняно із використанням повних рядів.

Інколи в обґрунтованих випадках замість окремих переважаючих чисел допускається використовувати округлені їх значення – приблизні переважаючі числа.

Як приклад використання округлених чисел на рис. 2.1 зображено параметричний ряд уніфікованих вантажних автомобілів на базі БелАЗ-549 з приблизними значеннями основного параметра – вантажності.

Безпосередньо за рядами переважаючих чисел встановлюють параметри і числові характеристики продукції, що не є лінійними розмірами.



**Рис. 2.1. Параметричний ряд уніфікованих вантажних автомобілів на базі БелАЗ-549 з приблизним значенням переважаючих чисел**

Наявність для окремих переважаючих чисел округлень (наприклад, для 3,55 округлення 3,50 і 3,60) може призвести при конструюванні до неув'язки у лінійних розмірах конструкції. Тому є потреба більш конкретно встановити ряди рекомендованих лінійних розмірів, що і зроблено ГОСТ 6636-69 "Нормальные линейные размеры". Стандарт містить чотири ряди лінійних розмірів  $R_{a5}$ ,  $R_{a10}$ ,  $R_{a20}$ ,  $R_{a40}$ , для яких входять округлені числа із рядів  $R_5$ ,  $R_{10}$ ,  $R_{20}$ ,  $R_{40}$  таким чином, ГОСТ 6636-69 є обмежувальним стандартом ГОСТ 8032-84, який встановлює нормальні лінійні розміри від 0,001 до 2000 мм. У табл. 7 наведено нормальні лінійні розміри від 1 до 500 мм.

Стандарт не поширюється на похідні розміри, що залежать від прийнятних вихідних розмірів і параметрів, зокрема на технічні міжопераційні розміри.

**Таблиця 3. Нормальні лінійні розміри від 1 до 500 мм**

Ra <sub>5</sub>	Ra <sub>10</sub>	Ra <sub>20</sub>	Ra <sub>40</sub>
1,0	1,0	1,0	1,0
			1,05
		1,1	1,1
			1,15
	1,2	1,2	1,2
			1,3
		1,4	1,4
			1,5
1,6	1,6	1,6	1,6
		1,8	1,8
			1,9
	2,0	2,0	2,0
			2,1
		2,2	2,2
			2,4
2,5	2,5	2,5	2,5
			2,6
		2,8	2,8
	3,0	3,0	3,0
			3,2
			3,4
		3,6	3,6
1	2	3	4
			3,8
4,0	4,0	4,0	4,0
			4,2
		4,5	4,5
			4,8
	5,0	5,0	5,0
			5,2
			5,5
6,0	6,0	6,0	6,0
			6,3
			6,5
		7,0	7,0

Продовження табл. 3

			7,5
	8,0	8,0	8,0
			8,5
		9,0	9,0
			9,5
10	10	10	10
			10,5
		11	11
			11,5
	12	12	12
			13
		14	14
			15
16	16	16	16
		18	18
			19
	20	20	20
			21
		22	22
			24
25	25	25	25
			26
		28	28
			30
1	2	3	4
	32	32	32
			34
		36	36
			38
40	40	40	40
			42
		45	45
			48
	50	50	50
			52
		55	55
60	60	60	60



Продовження табл. 3

			63
			65
		70	70
			75
	80	80	80
			85
		90	90
			95
100	100	100	100
			105
		110	110
			120
	125	125	125
			130
		140	140
			150
160	160	160	160
		180	180
			190
	200	200	200
			210
		220	220
			240
250	250	250	250
1	2	3	4
			260
		280	280
			300
	320	320	320
			340
		360	360
			380
400	400	400	400
			420
		450	450
			480
	500	500	500

---

---

### 2.3. Симуліфікація, типізація, уніфікація і агрегування

Одним з найпростіших методів стандартизації є симуліфікація.

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

Економічна ефективність симуліфікації достатньо висока, а в деяких випадках вона категорично необхідна.

Наприклад, можна виготовити бензин із різним октановим числом. Проте, стандарт обмежує їх різноманітність, встановлюючи марки А-76, А-92, А-95.

Якщо врахувати, що проектування бензинового двигуна розпочинається з вибору марки палива з відповідним октановим числом, то важливість такого обмеження очевидна. Обмеження повинно бути оптимальним з точки зору задоволення існуючої потреби на даний період.

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

Типізація технологічних процесів дозволяє скоротити різноманітність технологічних операцій і обробляти конструктивно подібні деталі за типовими технологічними процесами, використовувати типові інструменти. Це сприяє підвищенню продуктивності праці, економії матеріальних ресурсів, зниженню собівартості продукції.

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

**Агрегування** – один із методів стандартизації, який полягає у створенні машин, обладнання та інших виробів шляхом їх компонування (складання) із обмеженої кількості стандартних та

---

---

уніфікованих деталей і агрегатів. Агрегаткування розширює застосування універсальних машин і обладнання шляхом створення умов для швидкої заміни їх робочих механізмів, дозволяє скоротити строки освоєння нових машин в десятки разів та підвищити якість їх виготовлення і ремонту.

Агрегаткування широко застосовується при ремонті машин, що полягає у заміні агрегатів і вузлів, які втратили працездатність чи вичерпали свій ресурс, новими або відремонтованими із наявного обмінного фонду.

Використання уніфікації і агрегаткування як методів конструювання дозволяє у 2-4 рази скоротити строки проектування і освоєння виробництва нової техніки, на 25-30% знизити собівартість її виготовлення. Тому перед промисловістю стоїть важливе завдання підвищення рівня уніфікації. Проте слід пам'ятати, що йдеться не про максимальний, а про оптимальний рівень уніфікації.

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

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

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

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

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

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

$$Y = \frac{\sum n_c + \sum n_z}{\sum n_c + \sum n_z + \sum n_o} \times 100\%, \quad (2.1)$$

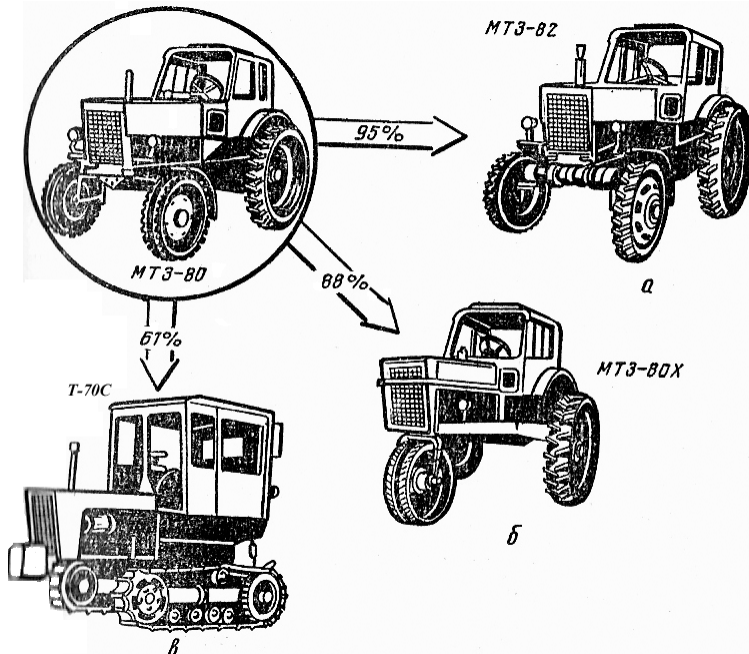
де  $Y$  – рівень уніфікації, %;

$\sum n_c$  і  $\sum n_3$  – сума найменувань уніфікованих стандартних і запозичених деталей;

$\sum n_o$  – сума найменувань оригінальних деталей.

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

На рис. 2.2 наведено приклад уніфікації тракторів різного призначення на базі трактора МТЗ-80.



**Рис. 2.2. Уніфікація тракторів різноманітного призначення на базі трактора МТЗ-80**

МТЗ-8 – базова модель; а – універсально-просапний трактор підвищеної прохідності; б – бавовняний трактор; в – буряковий трактор; 61%; 88%; 95% – ступінь уніфікації тракторів у середині родини

---

---

При експлуатації та ремонті машин важливо знати рівень уніфікації запасних частин. Цей показник враховують при визначенні потреби в запасних частинах у період експлуатації та ремонту машин.

#### **2.4. Випереджаюча і комплексна стандартизація. Єдині міжгалузеві системи стандартів**

Внаслідок високих темпів науково-технічного прогресу різко скоротився час від появи ідеї до її реалізації. Це значно вплинуло на строки морального старіння машин і викликало необхідність їх швидкої зміни. Виникла потреба постійно поліпшувати конструкції та підвищувати якість продукції. У такій ситуації не оновлені стандарти можуть бути гальмом технічного прогресу. Стандарти повинні вдосконалюватися швидкими темпами. При їх розробці необхідно прогнозувати розвиток відповідних галузей, машин і виробів.

Саме тому важливою є принципово нова форма стандартизації – випереджаюча.

**Випереджаюча стандартизація** полягає в установленні підвищених відносно вже досягнутого на практиці рівня норм, вимог до сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, інструмента і технологій, якість і рівень яких впливають на техніко-економічні характеристики машин, приладів, засобів автоматизації та інших промислових виробів, а також товарів народного вжитку і відповідно до прогнозування будуть оптимальними в подальший період.

Об'єктами випереджаючої стандартизації можуть бути вироби з новими дуже високими експлуатаційними показниками, які ще не випускаються промисловістю. Випереджаюча стандартизація може базуватися на вже освоєних в інших галузях чи інших країнах зразках з більш високими показниками якості і встановлює терміни освоєння їх промисловістю.

**Комплексна стандартизація** – це цілеспрямоване і планомірне встановлення і застосування системи взаємопов'язаних вимог до об'єкта з метою оптимального вирішення конкретної проблеми.

Здійснення комплексної стандартизації забезпечує найбільш повне і оптимальне задоволення потреб заінтересованих організацій і підприємств шляхом узгодження показників, норм, вимог до об'єктів стандартизації і ув'язки строків введення в дію нормативно-технічних документів.

Діючі стандарти ставлять до готової продукції дуже високі вимоги. Щоб їх задовольнити, треба підвищувати вимоги до сировини

---

---

і матеріалів, від яких залежить якість кінцевої продукції. Становище ускладнюється ще й тим, що на проміжних стадіях виробництва показники різних стандартів інколи погано стикаються між собою.

Принциповою і важливою особливістю роботи зі стандартизацією в останні роки є організація її за комплексно-програмним методом. При цьому створювались не розрізнені стандарти, а комплекси стандартів, в яких всі вимоги, починаючи від сировини і закінчуючи готовою продукцією, були взаємопов'язані і узгоджені між собою.

Так, була розроблена програма комплексної стандартизації “Тракторы сельскохозяйственные, класс 1,4-2”. За цією програмою введено в дію стандарт “Тракторы. Общие технические требования”, яким передбачається зменшити питому матеріаломісткість і відповідно підвищити енергонасиченість тракторів, підвищити моторесурс тракторів, рівень уніфікації кожної базової моделі, знизити трудомісткість технічного обслуговування і ремонту.

У виконанні цієї програми бере участь багато підприємств, об'єднань, яким встановлені конкретні завдання щодо забезпечення необхідної якості окремих марок сталі і чавуну, бронзи, сталевих труб, палива, масел і лакофарбових виробів, електрообладнання і приладів, окремих агрегатів і вузлів, методів їх випробування і контролю.

У цілому за останні роки розроблено понад 230 програм комплексної стандартизації, спрямованих на поліпшення якості продукції, зокрема 51 програма в галузі агропромислового комплексу, серед останніх 12 – на конкретну сільськогосподарську продукцію.

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

ЄСКД передбачає єдині правила виконання і оформлення конструкторської документації. До неї входять понад 250 стандартів (9 груп). Усій ЄСКД присвоєна перша цифра 2, після якої записується порядковий номер групи стандартів і порядковий номер стандарту в групі. Зміст стандартів у кожній з дев'яти груп такий:

---

---

1. Основні положення системи (види виробів, види і комплектність конструкторських документів, стадії розробки, вимоги до креслень, текстові документи тощо).

2. Класифікація, кодування і позначення конструкторської документації.

3. Загальні правила виконання креслень.

4. Правила виконання різних типових деталей: пружин, зубчастих коліс, зірочок, шліцьових з'єднань, трубопроводів, а також електромонтажних креслень.

5. Облік збереження і обсяг документації виробів.

6. Експлуатаційна і ремонтна документація (до цієї групи входять вимоги до навчально-технічних плакатів).

7. Правила виконання схем: електричних, кінематичних, гідравлічних і пневматичних; умовні графічні позначення на схемах.

8. Правила виконання будівельної документації.

9. Спеціальні вимоги та інші стандарти ( стандарти на вироби, які призначені на експорт тощо).

Впровадження стандартів ЄСКД спрощує проектно-конструкторські роботи: полегшує читання креслень, дає можливість застосувати ЄОМ для проектування і обробки технічної документації. Стандарти ЄСКД видані мільйонними тиражами і діють в усіх сферах проектування, виробництва, експлуатації і ремонту.

ЄСТД встановлює обов'язкові взаємопов'язані правила і положення з розробки, оформлення та обігу технологічної документації, що застосовується при виготовленні, ремонті машин і приладів, вона поширюється на усі види технологічних документів. До неї входять понад 50 стандартів. Впровадження стандартів ЄСТД дає можливість скоротити строки, поліпшити якість розробки технологічної документації, підвищити продуктивність праці технологів.

### **Контрольні питання**

1. Чому необхідні класифікація і кодування для робіт зі стандартизації?

2. Які ряди переважаючих чисел встановлені і як вони позначаються?

3. Чому для геометричних розмірів деталей встановлені ряди нормальних лінійних розмірів?

---

---

4. Що таке метод типізації, які переваги він дає при виробництві і ремонті машин?

5. Як визначається рівень уніфікації?

6. У чому полягає перевага використання метода агрегування при контролюванні, виробництві та ремонті машин?

7.3 якою метою розробляються міжгалузеві системи стандартів?

### Тести

1. Метод стандартизації, який базується на простому обмеженні типів, видів, марок продукції це:

- а) уніфікація;
- б) типізація;
- в) симпліфікація.

2. Метод стандартизації, який базується на використанні одноманітності конструкцій однакових за призначенням деталей, агрегатів – це:

- а) уніфікація;
- б) типізація;
- в) симпліфікація.

3. Встановлення підвищених показників якості і термін їх впровадження – це стандартизація:

- а) комплексна;
- б) випереджаюча;
- в) регіональна.

4. Міжгалузєва система стандартів, яка використовується при конструюванні машин – це:

- а) ЕСКД;
- б) ЕСТД;
- в) ЕСДВ.

## 3. СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

### 3.1. Терміни і визначення, що ставляться до якості

**Якість** – необхідна категорія. У ринкових відношеннях серед характеристик продукції якість стоїть на першому місці, вартість – на другому.

Кожний вид продукції має специфічні властивості, які дозволяють відрізнити його від іншого.



---

---

**Властивість продукції** – об’єктивна особливість, що виявляється при її створенні і використанні. Якісна і кількісна характеристика є ознакою продукції.

Якісні ознаки характеризують колір, форму, спосіб кріплення деталей (зварювання, клепаання, згвинчування), спосіб настроювання чи регулювання (ручне, напівавтоматичне, автоматичне).

Кількісні ознаки, чи параметри продукції, дають чисельну характеристику окремих властивостей. Наприклад, хімічний склад матеріалу, кут загострення різця, вантажопідйомність автомобіля.

Не всі властивості продукції є однозначними: одні більш важливі, інші – менше, а треті ніяк не впливають на ефективність використання даної продукції. Наприклад, для вантажного автомобіля важливими є такі його властивості: вантажопідйомність, питома витрата палива, пробіг до капітального ремонту. Є такі властивості, як електрична провідність, розчинення в азотній кислоті, не мають значення і не впливають на виконання автомобілем своїх функцій. Тому вони і не входять до складу якості автомобіля.

ДСТУ ISO 9000-2001 дає таке формулювання: **якість** – ступінь, до якого сукупність власних характеристик задовольняє вимоги.

У свою чергу, **вимога** – сформульовані потреба або очікування, загальнозрозумілі або обов’язкові.

Таким чином, якість – це спроможність продукції задовольняти обумовлені чи передбачені потреби.

ДСТУ ISO 9000-2001 визначає: продукція – результат процесу. Процес – сукупність взаємопов’язаних або взаємодіючих видів діяльності, котрий перетворює вхід на вихід, тоді продукція – результат сукупності взаємопов’язаних або взаємодіючих видів діяльності, котра перетворює входи на вихід.

**Загальні категорії продукції:**

- послуги,
- інтелектуальна продукція,
- технічні засоби,
- матеріали, що перероблюються.

**Послуга** – це діяльність, яка задовольняє потребу споживача, наприклад: прання білизни, готельне господарство, транспорт, автосервіс, телезв’язок, страхування, банківська справа, торгівля.

Послуга може включати:

- дії з матеріальною продукцією, наданій замовником (автомобіль, що підлягає ремонту),

---

---

- дії з нематеріальною продукцією, що надається замовнику (декларація про доходи, що необхідна для розрахунку розміру податку),

- надання нематеріальної продукції (надання інформації під час передання знань),

- створення сприятливих умов для замовника (готель).

**Інтелектуальна продукція** – інформація, для відображення котрої застосовується носій (поняття – стандарт, технологія технологічна карта, процедура – інструкція, програма для комп'ютера – папір, магнітна стрічка, дискета).

**Технічні засоби**, як правило, матеріальні і їх кількість складає кількісну характеристику.

Матеріали, що перероблюються – матеріальні і їх кількість є безперервною характеристикою.

У ринкових пропозиціях будь-якої організації присутні дві загальні категорії продукції. Наприклад, ресторан – присутні всі чотири загальні категорії продукції.

### 3.2. Техніко-економічні показники якості

Об'єктивну оцінку якості можна дати, охарактеризувавши її властивості кількісно. Наука, яка займається розробкою теоретичних основ і методів кількісної оцінки якості виробів, називається **кваліметрією**.

**Показники якості продукції** – це кількісна характеристика її властивостей, розглянута стосовно певних умов виготовлення, експлуатації і споживання.

Показники якості можуть бути одиничні, комплексні, інтегральні.

**Одиничні** характеризують одну із властивостей (продуктивність, вантажопідйомність, ресурс тощо).

**Комплексні** – характеризують кілька властивостей, наприклад, коефіцієнт готовності виробу, який одночасно характеризує його безвідказність і ремонтпридатність і визначається за формулою

$$K_p = \frac{T}{T + T_g}, \quad (3.1)$$

де  $T$  – час експлуатації до відказу;

$T_g$  – середній час відновлення працездатності.

---

---

**Інтегральні** – характеризують відношення сумарного корисного ефекту від експлуатації до сумарних витрат на її створення та експлуатацію.

Наприклад, для транспортних засобів інтегральним показником якості є величина, яка характеризує питомі витрати на 1 т-км пробігу

$$K_n = \frac{C + E}{\Pi}, \quad (3.2)$$

де  $K_n$  – комплексний показник якості, грн./км;

$E$  – експлуатаційні витрати до капітального ремонту, грн.;

$C$  – собівартість виготовлення однієї машини, грн.;

$\Pi$  – пробіг за той же строк, т-км.

Показники якості можна визначити за допомогою об'єктивних (вимірювання, реєстрація, розрахунки) і суб'єктивних методів (органолептичний, соціологічний, експертний).

**Вимірювальний метод** – визначення показників якості продукції на основі технічних вимірювальних засобів: ваг, спідометра, витратоміра тощо.

**Реєстраційний метод** – визначення показників якості продукції на основі виявлення і підрахунку числової кількості події об'єкта. Він може використовуватися без застосування технічних засобів (наприклад, реєстрації кількості відказів машин), а також із застосуванням підсилюючих засобів чи технічних реєстраційних засобів (наприклад, реєстрація числа включення і виключення будь-якого приладу).

**Розрахунковий метод** – ґрунтується на розрахунках з використанням значень параметрів, одержаних іншими методами (наприклад, витрати палива на 1 км пробігу, коефіцієнт корисної дії, продуктивність машини).

**Органолептичний метод** – визначення показників якості продукції (в балах) на основі аналізу сприйняття органів чуття людини – зору, слуху, нюху, дотику і смаку без застосування технічних вимірювальних чи реєстраційних засобів. Цим методом визначаються, наприклад, естетичні показники, які діють на споживача, смакові якості фруктів тощо.

**Соціологічний метод** – це збирання і облік відгуків фактичних чи можливих споживачів продукції. Цим методом визначають в основному показники якості товарів народного споживання.

---

---

**Експертний метод** – визначення показників якості продукції на основі рішення групи спеціалістів-експертів. Цей метод часто застосовують для визначення комплексних показників якості.

За можливості треба користуватися об'єктивними методами визначення показників якості і віддавати перевагу цим показникам порівняно з показниками, які визначаються суб'єктивними методами.

Усі техніко-економічні показники якості поділяються на такі групи:

- призначення – характеризують ефективність використання;
- надійності – характеризують надійність у конкретних умовах використання;
- технологічні – характеризують ефективність технологічних рішень;
- ергономічні – характеризують систему “людина – машина – середовище”;
- стандартизації та уніфікації – характеризують рівень стандартизації та уніфікації;
- патентно-правові – характеризують патентну чистоту;
- економічні – характеризують економічну ефективність;
- безпеки праці – характеризують питання безпеки.

Розглянемо деякі з них детальніше.

**Показники призначення** – одна із важливих груп показників якості, що характеризують призначення, галузь використання, продуктивність, транспортабельність, конструктивні та інші специфічні особливості виробу. У машинобудуванні найчастіше використовують такі показники призначення, як універсальність машини, продуктивність, матеріало- та енергомісткість.

**Показники надійності** – для продукції машинобудування є однією з важливих груп.

**Надійність** – спроможність об'єкта виконувати задані функції, зберігати в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, при відповідних режимах використання, технічного обслуговування, ремонту, збереження і транспортування. Оцінюється такими складовими властивостями: безвідмовністю, довговічністю, ремонтпридатністю і збереженням. Кожна із цих властивостей оцінюється одиничними показниками.

**Показники технологічності** – характеризують ступінь відповідності машини та її елементів оптимальними умовами сучасного виробництва, раціональність використання конструктивних матеріалів, пристосування продукції до використання прогресивних

---

---

технологічних методів виробництва, можливість використання централізованого виробництва і раціональної організації обслуговування і ремонту.

Важливими технологічними показниками якості продукції є коефіцієнт складання виробу, коефіцієнт використання раціональних матеріалів, питома трудомісткість виробництва, питома матеріаломісткість.

**Ергономічні показники якості** – дозволяють оцінювати ступінь пристосованості машини до взаємодії з людиною-оператором з точки зору оптимальних умов для ефективного керування машиною, додержання необхідних норм гігієни і техніки безпеки для оператора і оточуючих. Терміни і визначення ергономічних показників якості класифіковані за чотирма підгрупами: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні і психологічні.

**Естетичні показники** – характеризують зовнішній вигляд продукції, її відповідність сучасному стилю, гармонічності поєднання окремих елементів машини між собою, а також всієї машини з навколишнім середовищем, відповідність форми машини її призначенню, колоритного (кольорового) оформлення, а також якість і досконалість оздоблення зовнішніх та інших елементів.

**Показники стандартизації та уніфікації** характеризують ступінь використання чи застосування у даному виробі стандартизованих і уніфікованих деталей, агрегатів, блоків та інших складових елементів.

(Методика визначення цих показників розглянута у другому розділі).

**Патентно-правові показники** – включають два безрозмірні показники: патентоздатність і патентну чистоту. Патентоздатним виріб є тоді, коли він містить технічні рішення, що можуть бути визнані винаходом в одній чи кількох країнах.

Виріб має патентну чистоту в тому випадку, якщо він не включає технічних рішень, що підпадають під дію патентів, виключного права на винахід, промислового зразка, а також посвідчення на товарні знаки, які зареєстровані у даній країні. Один і той технічний об'єкт має патентну чистоту в одних і не має в інших, де діють патенти, що його покривають.

---

---

### 3.3. Оцінка рівня якості продукції

**Рівень якості продукції** – відносна характеристика якості продукції, що ґрунтується на порівнянні сукупності показників якості з відповідною сукупністю базових показників.

**Базовий показник** – показник якості продукції, прийнятої за початкову при порівняльних оцінках якості. За базові приймаються показники продукції, вибрані за еталон. Еталоном можуть бути кращі вітчизняні чи зарубіжні зразки, щойно спроектовані чи які будуть проектуватись.

При аналізі зміни якості продукції в процесі її виробництва за базові показники приймаються значення, досягнуті в попередні роки.

Рівень якості однорідної продукції може бути охарактеризований диференційними, комплексними і змішаними методами.

Диференційний метод оцінки рівня якості полягає в розділенні порівняльних одиничних показників якості виробу з аналогічними базовими показниками. Цей метод не дає можливості одержати однозначні числові значення рівня якості продукції, проте завдяки простоті і доступності він знайшов широке застосування. Для оцінки рівня якості диференційним методом визначають відносні показники якості за такими формулами:

$$q = \frac{P_i}{P_i \delta} \quad q = \frac{P_i \delta}{P_i}, \quad (3.3)$$

де  $P_i$  – одиничний показник виробу;

$P_i \delta$  – одиничний базовий показник.

Першу формулу застосовують для тих показників, збільшення яких свідчить про поліпшення якості виробу (продуктивність, потужність, ресурс), другу – для показників, зменшення яких свідчить про поліпшення якості виробу (собівартості, металомісткості, енергоємності).

Якщо рівень якості виробу перевищує рівень еталону чи відповідає йому, то всі відносні показники будуть більшими за одиницю чи дорівнюватимуть їй. Якщо ж деякі із них будуть менші одиниці, то висновок про рівень якості виробу диференційним методом оцінити не можливо, і потрібно використовувати комплексний метод.

**Комплексний метод оцінки якості** передбачає застосування узагальнених показників якості. Він дає можливість одержати однозначну числову оцінку рівня якості продукції. Якщо одиничні показники якості продукції виражаються в балах  $P_i$  і їм присвоєні

---

---

деякі коефіцієнти вагомості  $K_i$ , то узагальнюючий показник якості визначається за формулою

$$Q = \sum_{i=1}^n P_i K_i, \quad (3.4)$$

де  $n$  – кількість одиничних показників.

Рівень якості при комплексному методі оцінки дорівнює відношенню розрахункового узагальнюючого показника до встановленого раніше базового узагальнюючого показника.

**Змішаний метод оцінки рівня якості** застосовується в тих випадках, коли узагальнюючий показник якості, що використовується при комплексному методі, недостатньо повно враховує всі суттєві властивості продукції, наприклад, ергономічні, естетичні, патентно-правові.

Рівень якості продукції оцінюють змішаним методом таким чином: об'єднують в групи одиничні показники якості і для кожної групи визначають певний комплексний показник (найважливіші показники допускається не об'єднувати в групи і використовувати як одиничні).

Одержані комплексні показники якості по групах і виділені одиничні показники розглядають із застосуванням диференційного методу оцінки.

У тому випадку, коли оцінюється якість різномірної продукції, що часто буває необхідним при порівнянні діяльності різних підприємств, застосовують індекси якості.

**Індекс якості продукції** – комплексний показник якості різномірної продукції, який дорівнює середньозваженому значенню відносних показників якості різних видів продукції за певний період.

При визначенні індексів якості продукції враховується її якість і вартість, причому рівні якості продукції кожного виду беруться змінними, а вартість для базового і визначеного періодів не змінюється.

Якщо якість кожного із видів може бути достатньо повно охарактеризована одним будь-яким показником, то індекс якості продукції можна визначити за формулою

$$I = \frac{\sum_{i=1}^s n_i q_i l_i}{\sum_{i=1}^s n_i l_i}, \quad (3.5)$$

де  $S$  – кількість видів продукції;  
 $n$  – кількість виробів  $i$ -го виду в поточному періоді;  
 $q$  – відносний основний показник  $i$ -го виду продукції;  
 $l_i$  – оптова вартість продукції  $i$ -го виду, грн.

Якщо в результаті атестації якості вся продукція підприємства (галузі) була віднесена до трьох категорій якості і кожній категорії був присвоєний відповідний оціночний бал, то індекс якості продукції визначають за формулою

$$I_y = \frac{b_{cp}}{b_0}, \quad (3.6)$$

де  $d_{cp}$  – середній бал продукції;  
 $d_0$  – середній бал продукції, який прийнято за базу для порівняння.

У свою чергу, середній бал оцінюваної продукції визначають за формулою

$$b_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^i C_i b_i}{\sum_{i=1}^s C_i}, \quad (3.7)$$

де  $C_i$  – сума, на яку випущено різномірної продукції  $i$ -ої категорії якості за певний період;

$d_i$  – бал  $i$ -ої категорії якості;

$S$  – кількість категорії якості.

Інколи зручніше замість визначення рівня якості встановлювати частку дефектної продукції в загальному потоці. Для цього визначають **індекс дефектної продукції** – це комплексний показник якості різномірної продукції, який дорівнює середньозваженому значенню відносних коефіцієнтів дефектності різних видів продукції за певний період

$$I_D = \frac{\sum_{i=1}^s C_i Q_i}{\sum_{i=1}^s C_i}, \quad (3.8)$$



---

---

де  $C$  – сума, на яку випущено продукції  $i$ -го виду за певний період;

$Q_i$  – відносні показники дефектності  $i$ -го виду продукції, які визначають за формулою

$$Q_i = \frac{D_i}{D_{i0}}, \quad (3.9)$$

де  $D_i$  – показник дефектності продукції;

$D_{i0}$  – показник дефектності базової продукції.

Показник дефектності  $D_i$ , в свою чергу, визначається як середньозважена кількість дефектів, що припадає на одиницю продукції, і визначається за формулою:

$$D_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^d m_j r_j, \quad (3.10)$$

де  $n$  – число одиниць продукції у виборці;

$r_j$  – число дефектів  $j$ -го виду, виявлених у виборці;

$m_j$  = коефіцієнт вагомості  $j$ -го виду дефекту, який виражений абстрактним числом чи вартістю усунення дефекту, грн.;

$d$  – число усіх видів дефектів, які зустрічаються.

При поліпшенні якості продукції  $I_D < 1$ , при погіршенні  $I_D > 1$ .

### 3.4. Контроль якості продукції

**Контроль якості продукції** – це перевірка відповідності показників якості технічним вимогам.

Система управління якістю продукції і системи управління технологічними процесами містять організацію контролю як єдиного можливого джерела зворотної інформації, необхідної для стабілізації процесу.

Існують три **системи контролю**: залежна, напівзалежна, незалежна.

**Залежна система**, наприклад, коли бригадир приймає продукцію, а його заробіток цілком залежить від кількості прийнятої продукції.

**Напівзалежна** – коли директор державного підприємства і керівник відділу технічного контролю призначаються міністерством. Директор не може звільнити керівника відділу технічного контролю без дозволу міністерства. Але заробітну плату, премії і інші заохочення він одержує від підприємства. **Незалежна** система контролю у

---

---

колишньому Радянському Союзу була тільки на підприємствах, які виробляли оборонну продукцію. Її приймали “воєнпреди” – представники міністерства оборони, які одержували за свою роботу заробітну плату, квартири, воїнські звання від міністерства оборони. Вони були по-справжньому незалежні від керівництва підприємства.

**Незалежна система** – найбільш досконала. Підвищення ролі якості для забезпечення конкурентоспроможності продукції в умовах ринкової економіки потребує незалежної системи оцінки якості, якою є сертифікація за участю третьої сторони.

**Контроль якості продукції** – це перевірка відповідності показників якості продукції встановленим вимогам. У процесі контролю якості продукція може підлягати візуальному огляду, вимірюванням за різними параметрами чи випробуваннями.

**Контроль технологічного процесу** – це перевірка відповідності характеристик, режимів та інших показників технологічного процесу встановленим вимогам.

**Регулювання технологічного процесу** – це контроль якості виробу в процесі виробництва, за результатами якого вносять необхідні корективи у технологічний процес.

У машинобудуванні застосовують такі основні **види контролю**.

**Вхідний контроль** – це контроль споживачем сировини, матеріалів, комплектуючих виробів і готової продукції, що надходить до нього від інших підприємств чи дільниць свого виробництва.

**Операційний контроль** – перевірка продукції та її окремих деталей в процесі виробництва, після завершення кожної (чи кількох) виробничих операцій.

**Активний контроль продукції** здійснюють у процесі виготовлення продукції вимірювальними приладами, вмонтованими у технологічне обладнання. Використовуються для управління процесом виготовлення. Активний контроль є вищою формою контролю.

**Прийомний контроль** – контроль готової продукції, по якій завершені усі передбачені технологічні операції. За результатами цього контролю приймають рішення про придатність продукції для постачання чи використання.

Залежно від об’єму продукції, яку контролюють, вхідний, операційний і прийомний контроль можуть бути суцільними чи вибілковими.

**Суцільний контроль** – перевірка кожної одиниці продукції, що фактично виключає можливість потрапляння до споживача дефектної

---

---

продукції. Але у деяких випадках застосування суцільного контролю є економічно нераціональним (при великих програмах випуску продукції) чи неможливим (якщо перевірка пов'язана з руйнуванням виробів).

У цих випадках застосовують **вибірковий контроль**, при якому рішення про якість продукції, що контролюється, приймається за результатами перевірки однієї чи кількох вибірок із партії.

Аналіз результатів вибіркового контролю проводиться із застосуванням методів математичної статистики, тому такий контроль називають статистичним.

**Статистичний контроль** полягає в тому, що ґрунтуючись на обмеженій кількості контрольних перевірок, роблять висновок з необхідним ступенем точності про якість усієї партії виробів чи стан технологічного процесу.

Для того, щоб прийняти якість продукції – партії, яка складається з  $N$  виробів за альтернативною ознакою (придатні, дефективні), треба встановити частку дефектних виробів  $M$  у цій партії

$$q = \frac{M}{N}. \quad (3.11)$$

Із загальної кількості  $N$  виробів обирають деяке число  $n$  одиниць продукції і контролюють його. У результаті виявляється  $m$  дефектних виробів. Завдання полягає в тому, щоб за відомими величинами  $n$  і  $m$  зробити висновок про частку дефектних виробів  $q$  в усієї партії.

### Контрольні питання

1. Що таке якість продукції?
2. Які встановлені категорії продукції?
3. Що таке показник якості продукції?

### Тести

1. Ремонт автомобіля належить до загальної категорії продукції:
  - а) технічні засоби;
  - б) послуги;
  - в) перероблювані матеріали.
2. Комп'ютер належить до загальної категорії продукції:
  - а) послуги;

- 
- 
- б) інтелектуальна продукція;  
в) технічні засоби.
3. Комп'ютерна програма належить до загальної категорії продукції:  
а) послуги;  
б) інтелектуальна продукція;  
в) технічні засоби.
4. Вантажопідйомність автомобіля показник якості:  
а) одиничний;  
б) комплексний;  
в) інтегральний.
5. Коефіцієнт технічної готовності показник якості:  
а) інтегральний;  
б) комплексний;  
в) одиничний.
6. Питомі витрати на 1 т-км пробігу це показник якості:  
а) одиничний;  
б) комплексний;  
в) інтегральний.
7. Визначення швидкості автомобіля здійснюється методом:  
а) розрахунковим;  
б) реєстраційним;  
в) вимірювальним.
8. Визначення кількості відказів техніки здійснюється методом:  
а) реєстраційним;  
б) вимірювальним;  
в) розрахунковим.

#### **4. СТАНДАРТИ ДСТУ ISO 9000 “УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ”**

##### **4.1. Стандартизація – основа управління якістю продукції**

**Управління якістю** – це скоординована діяльність, яка полягає у спрямуванні та контролюванні організації щодо якості.

Показники якості продукції, що випускається і розробляється, визначають комплекс норм, правил, вимог до конструкторської і технологічної документації; методи і засоби контролю якості, які сприяють ефективності експлуатації та ремонту виробів.

Показники якості встановлюються стандартами на рівні кращих, досягнутих в даній чи споріднених галузях, а також на рівні кращих світових досягнень.

---

---

Стандарти на параметри якості є своєрідним фільтром захисту споживача від продукції низької якості.

Щоб забезпечити задані параметри якості продукції, підприємства удосконалюють організацію виробництва, впроваджують нову техніку, технологічні процеси, поліпшують технічний контроль якості, організують підвищення кваліфікації робітників, інженерно-технічних працівників.

Інтенсифікація виробництва і підвищення його ефективності призводить до розширення і поглиблення спеціалізації і кооперації, ускладненню зв'язків між підприємствами, галузями народного господарства, створює певні труднощі у підвищенні якості кінцевої продукції.

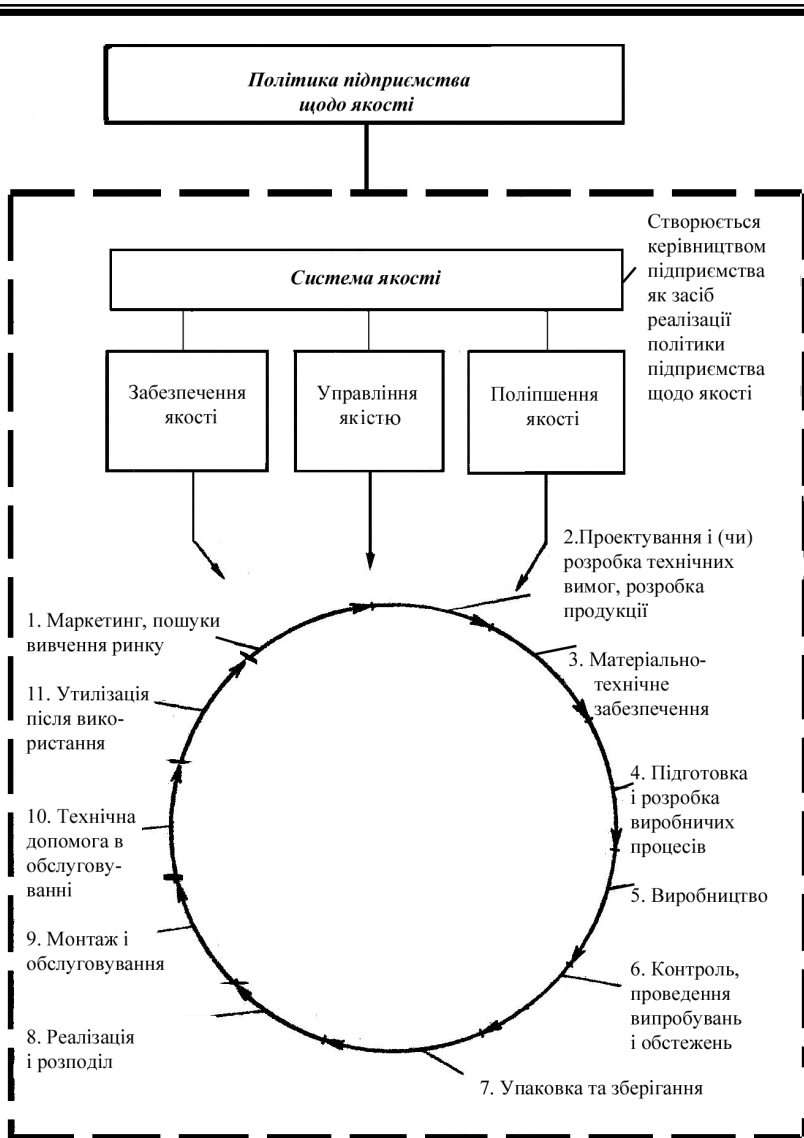
Саме ці умови виробництва машин, механізмів і обладнання, конструкції яких весь час ускладнюються, потребують системного підходу до проблеми підвищення якості і можуть бути вирішені тільки на основі комплексної стандартизації.

Забезпечити конкурентоздатність може тільки висока якість продукції. Успішна реалізація продукції на зовнішньому ринку можлива тільки тоді, коли, крім достатньо високої якості продукції, підприємство має сертифікат, який засвідчує наявність системи якості, здатної підтримувати виробництво продукції на заданому рівні.

Враховуючи прогресивний характер стандартів ISO, можливість суттєвого підвищення якості продукції підприємств, а також забезпечення виходу її на зовнішній ринок, прийнято рішення про застосування їх на території України. З цією метою стандарти ISO без будь-яких змін затверджені як національні стандарти: ДСТУ ISO9000:2001, ДСТУ ISO 9001:2001, ДСТУ ISO 9004:2001.

Відповідно до цих стандартів **якість** – це ступінь, до якого сукупність власних характеристик задовольняє вимоги. В свою чергу, вимога – це сформульована потреба або очікування, загальнозрозумілі або обов'язкові.

Таке визначення вимагає від постачальника задоволення не тільки встановлених, але й передбачуваних потреб, випереджаючи бажання споживача.



**Рис. 4.1. Система якості**

---

---

## 4.2. Основні принципи системи управління якістю

**Система управління якістю** – це система управління, яка спрямовує та контролює діяльність організації щодо якості.

Система управління якістю створюється і впроваджується на підприємстві як засіб, що забезпечує проведення відповідної політики і досягнення відповідної мети щодо якості (рис. 4.1).

**Політика в сфері якості** – це загальні наміри та спрямованість організації, пов'язані з якістю, офіційно сформульовані найвищим керівництвом. Політика становить основу для встановлення цілей у сфері якості, тобто того, чого прагнуть, або до чого прямують у сфері якості.

Основними цілями політики в сфері якості можуть бути:

✓ поліпшення економічного становища організації за рахунок підвищення якості;

✓ розширення чи завоювання нових ринків збуту за рахунок підвищення якості;

✓ досягнення технічного рівня продукції, який перевищує рівень провідних підприємств і фірм;

✓ зниження рівня дефектності виготовленої продукції;

✓ збільшення строків гарантії на продукцію;

✓ розвиток сервісу тощо.

Політика організації повинна бути викладена у спеціальному документі, може бути оформлена у вигляді яскравого плакату.

Для реалізації прийнятої політики керівництвом розробляється система управління якістю з урахуванням конкретної діяльності організації, видів продукції, що випускається.

Система управління якістю повинна охоплювати усі стадії життєвого циклу продукції. Якщо раніше життєвий цикл продукції умовно поділявся на чотири стадії (дослідження і розробка, виготовлення, обіг і реалізація; експлуатація і споживання), то відповідно до ISO 9004 життєвий цикл продукції, чи “петля якості”, поділена на 11 дрібних етапів:

- 1) маркетинг, пошук і вивчення ринку;
- 2) проектування і розробка продукції;
- 3) матеріально-технічне забезпечення;
- 4) підготовка і розробка виробничих процесів;
- 5) виробництво;
- 6) контроль, проведення випробувань і обстеження;
- 7) упаковка і збереження;

- 
- 
- 8) реалізація і розподіл продукції;
  - 9) монтаж і експлуатація;
  - 10) технічна допомога і обслуговування;
  - 11) утилізація після використання.

За характером дії на етапах “петлі якості” у системі можуть бути відокремлені три напрями: забезпечення якості, управління якістю, підвищення якості (рис. 4.1).

**Забезпечення якості** – це складова частина управління якістю, зосереджена на створенні впевненості в тому, що вимоги до якості буде виконано, сукупність планових і систематичних затверджених заходів, які створюють умови для виконання кожного етапу “петлі якості” таким чином, щоб продукція задовольняла вимоги якості.

Для визначення планових заходів забезпечення якості доцільно формувати цільові науково-технічні програми підвищення якості продукції (рис. 4.2). Програма розробляється на конкретну продукцію і повинна містити завдання з технічного рівня і якості продукції, заходи, які забезпечують реалізацію цих вимог на усіх етапах “петлі якості”.

До систематично затверджених заходів входять ті роботи і процедури, які виконуються постійно чи з відповідною періодичністю.

Основними серед них є заходи, пов’язані із запобіганням різним відхиленням.

Відповідно до стандартів ІСО серії 9000 система управління повинна функціонувати таким чином, щоб забезпечити впевненість у тому, що проблемам запобігають, а не виявляють їх після виникнення.

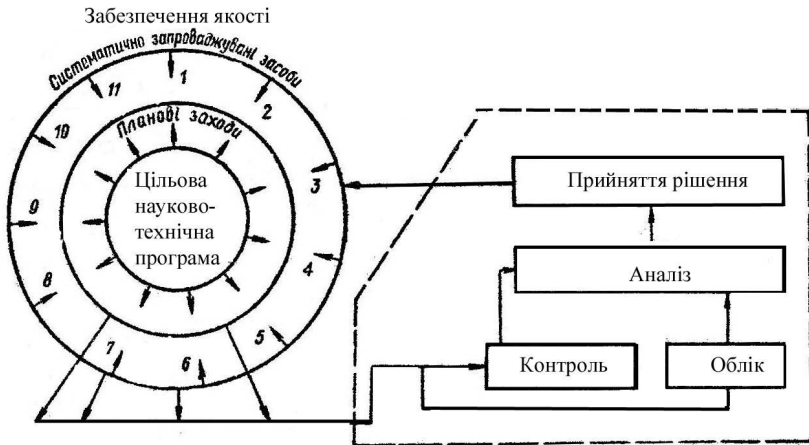
Заходами, що запобігають відхиленням від вимог якості, можуть бути примусова заміна технологічної оснастки та інструмента, планово-запобіжний ремонт обладнання, технічне обслуговування, забезпечення робочих місць необхідною документацією і своєчасне вилучення застарілої документації тощо.

**Управління якістю** – це методи і діяльність оперативного характеру: управління процесом, виявлення різних невідповідностей продукції, усунення причин невідповідності продукції.

Прикладом управління процесом може бути статистичне регулювання технологічним процесом за допомогою контрольних карт. Цей метод дозволяє запобігати появі дефектів чи відхилень.

До заходів щодо виявлення і усунення відхилень входять контроль, облік, аналіз (оцінка), прийняття і реалізація рішень – все це становить “замкнений управлінський цикл” (рис.4.2), який повинен здійснюватись на усіх етапах “петлі якості”.





**Рис. 4.2. Забезпечення якості і управління якістю**

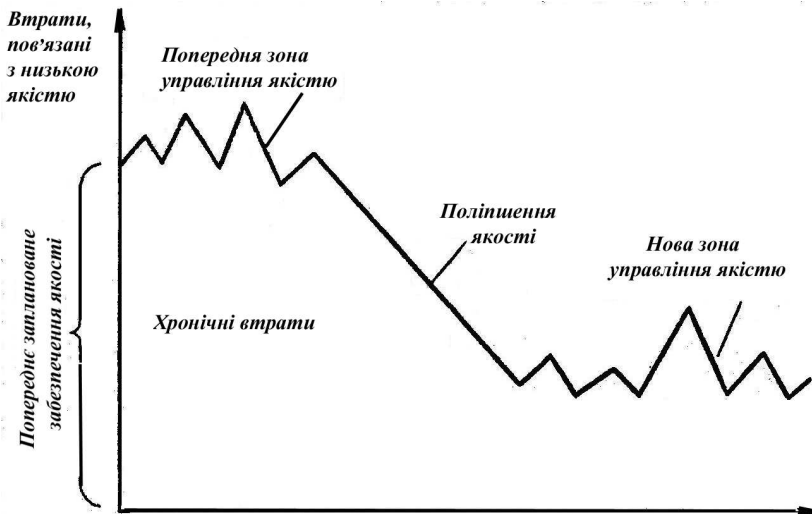
**Поліпшення якості** – це складова частина управління якістю, зосереджена на збільшенні здатності виконати вимоги до якості.

*Поліпшення якості* – це постійна діяльність, спрямована на підвищення технічного рівня продукції, якості її виготовлення, удосконалення окремих елементів виробництва і системи якості.

Метою постійного поліпшення якості є або поліпшення параметрів продукції, або підвищення стабільності якості виготовлення, або зниження витрат, що підвищує конкурентоздатність такої продукції, яка має високий рівень якості при нижчій вартості.

Організаційною формою робіт щодо поліпшення якості є групи якості (за кордоном – гуртки якості), раціоналізаторська діяльність, тимчасові творчі колективи.

Співвідношення трьох напрямків діяльності в системі управління якістю – забезпечення якості, управління якістю і поліпшення якості можна проілюструвати графіком (рис. 4.3). Початковий рівень витрат, пов'язаний з низькою якістю, є результатом діяльності щодо забезпечення якості.



**Рис. 4.3. Відношення трьох напрямів у системі якості**

Широкі межі коливання витрат у процесі виробництва і освоєння продукції є результатом діяльності управління якістю. Зниження середніх витрат до більш низького рівня є результатом поліпшення якості.

Організаційна структура системи управління якістю встановлюється в рамках організаційної структури управління підприємством в цілому і являє собою розподіл прав, обов'язків і функцій загального керівництва якістю, забезпечення якості, управління якістю і поліпшення якості продукції.

У рамках системи якості треба мати посадову особу, підпорядковану безпосередньо директору підприємства, і спеціальну службу якості.

При створенні системи якості на підприємстві треба врахувати особливості вимог до діяльності, яка забезпечує якість продукції, на різних етапах життєвого циклу продукції.

#### **4.2.1. Якість в рамках маркетингу**

Маркетинг повинен відігравати провідну роль у визначенні вимог, що ставляться до якості продукції. Він має точно визначати ринковий попит і сфери реалізації, що важливо для оцінки сортності,

---

---

необхідної кількості, вартості і строків виготовлення продукції чи послуг; чітко визначити вимоги, будь-які потреби чи тенденції від споживача та інформувати про них керівництво підприємством; давати короткий опис продукції, що містять вимоги і побажання споживача у вигляді попереднього переліку технічних умов, які є основою для виконання наступних робіт з проектування; встановлювати на постійній основі систему зворотних зв'язків і контролю інформації, яку одержують, як засіб одержання даних, необхідних для внесення можливих змін у проект і відповідних дій керівництва.

#### **4.2.2. Якість при проектуванні і розробці технічних умов**

Система якості повинна забезпечити створення проекту, який відповідає світовому рівню і вимогам споживача.

Короткий опис продукції, одержаний в результаті маркетингу, використовується як вихідні дані до проекту. Планування робіт з проектування може здійснюватись у формі цільової науково-технічної програми, в якій передбачається періодичний аналіз усіх компонентів проекту і внесення відповідних змін.

#### **4.2.3. Якість при матеріально-технічному постачанні**

Підприємство несе відповідальність за якість кінцевої продукції в цілому, незалежно від якості матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів. Система якості повинна мати конкретні вимоги до покупних матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих деталей і вузлів, забезпечити узгоджений з постачальником план вхідного контролю, реєстрацію даних про якість покупної продукції і оцінку постачальників.

#### **4.2.4. Підготовка і розробка виробничих процесів**

Після того, як продукція розроблена і прийняте рішення про виробництво, то виконуються роботи з технологічного підготування виробництва.

Підготування виробництва повинно давати впевненість у тому, що технологічний процес і стан елементів виробництва забезпечує виготовлення продукції відповідно до вимог технічної документації.

Це стосується устаткування, матеріалів і комплектуючих виробів, технологічної оснастки й інструмента, виробничого персоналу, технічної документації.

---

---

Особливе місце в підготуванні виробництва займає метрологічне забезпечення якості продукції, управління якістю продукції без цього неможливо. Метрологічне забезпечення – це комплекс методичних, організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення єдності і достовірності вимірів.

Основними напрямками в цій роботі є:

- ✓ централізація метрологічної служби, організація перевірки засобів вимірів;

- ✓ розробка конструкторської і технологічної документації на оригінальні засоби вимірів;

- ✓ перевірка номенклатури на достатність контрольованих параметрів продукції і технологічних процесів, встановлених у конструкторській і технологічній документації, заданому рівню якості;

- ✓ забезпечення засобами вимірів заданого обсягу контролю якості виготовлення продукції.

Обсяг виконуваних робіт із метрологічного забезпечення виробництва продукції залежить від типу виробництва і його організаційної структури, виду, призначення і програми випуску продукції, прийнятої технології виготовлення, ступеня застосування стандартних видів контролю.

Обсяг контролю повинен бути достатнім для забезпечення і зберігання заданого рівня якості продукції.

Як свідчить досвід розвинених країн, і в першу чергу Японії, 75% якості з 100% закладається до початку виробництва, 20% – у процесі виробництва, і тільки 5% залишається на контроль та випробування виготовленої продукції [7].

Від робочих залежить 10-15% якості, інше – від інженерно-технічних працівників.

#### **4.2.5. Керування якістю продукції на етапі її виготовлення**

Цілями керування якістю продукції на етапі її виготовлення є:

- досягнення і підтримка заданого рівня якості продукції при обраній номенклатурі показників якості;

- зниження загальних втрат від браку і доведення його до деякого мінімального значення.

Служба керування якістю продукції (СКЯП) для досягнення поставлених цілей повинна забезпечити виконання таких основних функцій:

- планування показників якості продукції;

- 
- 
- визначення вимог до якості засобів виробництва, технологічних процесів і оцінювання продукції заданої якості;
  - метрологічне забезпечення;
  - контроль якості праці виконавців і якості технологічних процесів;
  - удосконалення форм морального і матеріального заохочення за виконання вимог до якості праці і продукції;
  - збір, опрацювання інформації про якість продукції;
  - розробка керуючих впливів для забезпечення заданої якості.

Досягнення поставлених цілей і виконання функцій керування якістю продукції що випускається, забезпечується рішенням таких завдань:

- технічна підготовка виробництва для забезпечення випуску продукції заданої якості;
- організація вхідного контролю сировини, матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів;
- забезпечення виробництва засобами контролю і випробувань;
- оцінка якості окремих технологічних процесів;
- визначення необхідного обсягу контролю продукції і періодичності його проведення;
- оцінка якості продукції і її відповідності заданому рівню якості.

Управління якістю продукції практично неможливо без створення нормативної документації, що регламентує основну трудову діяльність підприємства.

Основним таким документом повинен бути стандарт організації (СТО).

У СТО повинні бути чітко сформульовані вимоги до якості устаткування, інструмента, оснастки, а також до метрологічного забезпечення виробництва, рівня кваліфікації виконавців, СТО визначає методи і порядок оцінки якості технологічних процесів і їхню відповідність заданій якості продукції, що випускається, систему збору й опрацювання інформації про якість продукції, обсяг і порядок випробувань продукції, методи оцінки її якості.

Керування якістю продукції забезпечує спеціалізована служба керування якістю продукції (СКЯП) (рис. 4.4).

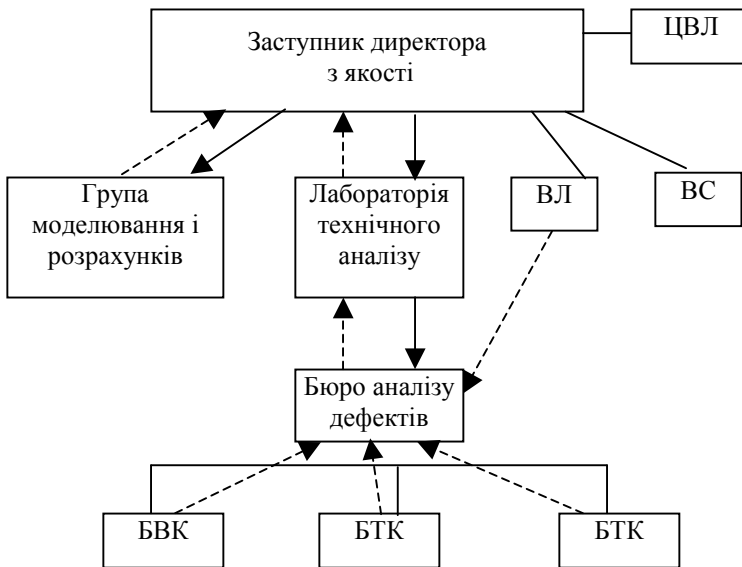
Для здійснення цілей і задач керування якістю СКЯП повинна координувати роботу інших підрозділів у частині забезпечення необхідної якості продукції.

Служба головного конструктора: підвищення технічного рівня продукції, оцінка показників якості.

Служба головного технолога: підвищення показників якості шляхом упровадження прогресивних технологічних процесів, створення технології і засобів контролю якості, метрологічне забезпечення виробництва, упровадження більш якісного устаткування.

Відділ інформації: своєчасне забезпечення інформації з якості, поширення передового досвіду.

Відділ праці і заробітної плати – матеріальне стимулювання підвищення якості продукції.



**Рис. 4.4.** Зразкова схема керування якістю продукції в організації

- ЦВЛ – центральна вимірювальна лабораторія
- ВС – відділ стандартизації
- БВК – бюро вхідного контролю
- БТК – бюро технічного контролю
- ВЛ – випробувальна лабораторія в організації

---

---

#### **4.2.6. Контроль, проведення випробувань, обстежень**

При визначених тривалості і режимах випробувань, перевірок можна з необхідною повнотою виявити наявні у виробі дефекти і тим самим досягти необхідних значень показників якості.

Збільшення часу випробувань дозволяє більш повно виявити дефекти, але надмірна тривалість перевірки і випробувань призведе до збільшення часу виготовлення, витрати додаткових ресурсів і засобів. Тому варто знаходити оптимальний варіант, що визначається СТО.

Це завдання можна вирішувати шляхом оптимізації технологічних процесів виготовлення, зокрема режимів і умов перевірок, що забезпечують повноту виявлення дефектів.

Приклад. Випробування на знос дуже тривалі. Але відома пряма залежність зносу від твердості поверхні. Якщо в ході виготовлення деталі твердості обов'язково перевіряється і знаходиться у встановлених границях, то від випробувань на знос можна відмовитися.

Коли продукція рекомендується на сертифікацію, то на підприємстві необхідні випробування за тією ж методикою, що й в іспитовій лабораторії з сертифікації.

#### **4.2.7. Упакування і збереження**

Яскрава упаковка підвищує конкурентоздатність продукції, але головне – зберегти досягнуті при виробництві показники якості. Особливо це стосується ламкої продукції та продуктів, що швидко псуються.

#### **4.2.8. Реалізація і розподіл**

Розподіл необхідний не тільки при плановій економіці, але і в умовах ринкової економіки. Вивчення та розподіл продукції між точками реалізації продукції, що особливо швидко псується є важливим етапом для зберігання досягнутої якості.

#### **4.2.9. Монтаж і експлуатація**

Складна продукція зберігає свою якість за умов правильного монтажу й експлуатації. Тому широке поширення одержав, так званий “шефмонтаж”, коли він здійснюється спеціальною бригадою

---

---

виготовлювача, що крім монтажу ще навчає персонал, який має експлуатувати цю продукцію.

#### **4.2.10. Технічна допомога в обслуговуванні**

Створюються фірмові станції технічного обслуговування автомобілів, забезпечені необхідним устаткуванням, якісними запасними частинами і підготовленими кадрами.

У сільському господарстві створюється дилерська мережа, у котрої кожний з дилерів забезпечує постачання паливно-мастильними матеріалами, насінням, добривами, виконує технічне обслуговування і ремонт машин фермерських господарств.

#### **4.2.11. Утилізація після використання**

Утилізація після використання – це найважливіший засіб охорони навколишнього середовища і важливий шлях ресурсозбереження.

Досліджені і оцінені технології утилізації матеріалів – компонентів технічних засобів виробництва. Найбільш привабливі є такі напрямки:

- ✓ утилізація шин і отримання гумового порошку або кришки для наступного використання вторинних ресурсів, регенерація масел;
- ✓ утилізація акумуляторних батарей з метою отримання свинцю для повторного використання.

Однак, якщо в Німеччині 2%, в Японії 8% шин вивозяться на звалище, а інші утилізуються, то, наприклад, в Росії на звалище вивозиться 96% шин [8].

Усесвітньо відомий мандрівник Тур Хейердал описує, як перепливаючи Атлантичний океан на очеретяному човні “Ра” вони перепливали плавучі острови, що тягнуться кілометрами і складаються з відходів цивілізації: поліетиленових пляшок, пакетів, бляшанок, що переплетені водоростями. Сонце не проникає крізь цю товщу, під нею немає планктону, немає і риби, це мертві острови.

Тому утилізація продукції після її використання – це шлях енергозбереження, ресурсозбереження і охорони навколишнього середовища.

Отже, оцінювати систему якості можливо тільки враховуючи всі етапи життєвого циклу продукції.



---

---

### 4.3. Роль керівництва в управлінні якістю

Аналіз системи якості – обов'язкова оцінка керівництвом стану системи якості і її відповідності політиці в сфері якості і новим цілям, обумовленим вимогами, що змінюються.

Робітники організації повинні розуміти процес проведення аналізу системи якості і підстави для його проведення. Аналізу повинні зазнавати:

- структура організації, зокрема укомплектованість кадрами і забезпеченість ресурсами;
- структура системи якості і ступінь її впровадження;
- досягнута якість кінцевої продукції або послуг з погляду вимог до якості;
- дані зворотного зв'язку з споживачем, внутрішнього зворотного зв'язку (наприклад, результати внутрішніх перевірок якості), характеристика виробничого процесу і експлуатаційні показники продукції, у тому числі послуг.

Періодичність проведення аналізу залежить від конкретних обставин і керівництво повинно своєчасно розглядати питання відповідності періодичності аналізу реальним потребам. Вважається, що такий аналіз достатньо проводити один раз на рік, але така періодичність не є обов'язковою.

Діяльність і її результати можуть оцінюватися на постійній і (або) вибірковій основі. Учасникам, що є постійним джерелом проблем із якістю, повинні приділяти особливу увагу. Результати повинні документально оформлятися, і при аналізі виявлятися симптоми систематичного характеру проблем із якістю. Отримані результати обговорюються з відповідними робітниками.

У систему якості своєчасно вносяться зміни, необхідність яких виявлена в процесі аналізу з боку керівництва. Всі зміни підлягають оцінці точки зору їхньої ефективності.

В умовах ринкової економіки вважається, що коли керівник організації витрачає менш 50% свого робочого часу на керування якістю, то його організація неминуче збанкрутіє.

#### Контрольні питання

1. Що таке “управління якістю”?
2. Хто формулює політику у сфері якості і з якою метою?
3. Що таке “система якості” і з якою метою вона розробляється?

- 
- 
4. Які три основних напрямки в управлінні якістю і їх особливості?
  5. Які встановлені етапи “петлі якості”?

### **Тести**

1. У співвідносності з ідеологією стандартів ДСТУ ISO серії 9000 проблеми якості:
  - а) виявляються;
  - б) попереджаються;
  - в) констатуються.
2. Політику у сфері якості організації розробляє:
  - а) Держспоживстандарт;
  - б) територіальний центр стандартизації;
  - в) вище керівництво організації.
3. Передвиробничні етапи петлі якості визначають якість продукції на:
  - а) 5%;
  - б) 20%;
  - в) 75%.
4. Система якості організації створюється для:
  - а) реалізації політики в сфері якості;
  - б) забезпечення матеріально-технічного постачання;
  - в) підготовки виробництва.
5. Документування в системі якості необхідно:
  - а) в процесі проектування;
  - б) в процесі виробництва;
  - в) в процесі всього життєвого циклу продукції.

## **5. УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА СИСТЕМА СЕРТИФІКАЦІЇ ПРОДУКЦІЇ УКРСЕПРО**

### **5.1. Структура УкрСЕПРО**

Законодавчою базою створення і функціонування національної системи сертифікації України є закони “Про стандартизацію”, “Про підтвердження відповідності”, “Про акредитацію органів оцінки відповідності”, “Про захист прав споживачів”, “Про охорону праці”, “Про зовнішньоекономічну діяльність”.

---

---

**Сертифікація** – процедура письмового засвідчення третьою стороною відповідності виробу, процесу чи послуги встановленим вимогам.

**Третя сторона** – особа чи орган, визнані незалежними від сторін – учасниць розгляду певного питання.

Перша сторона представляє інтереси постачальника, а друга сторона – споживача.

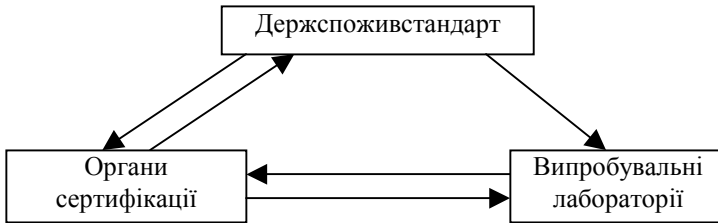
**Сертифікат відповідності** – документ, виданий за правилами системи сертифікації і який підтверджує, що ідентифікований належним чином виріб, процес чи послуга відповідають вимогам конкретного стандарту чи іншого нормативного документа.

Сертифікація в Україні проводиться з метою винятку можливості реалізації продукції, небезпечної для життя, здоров'я, майна громадян і навколишнього середовища, сприяння споживачу в компетентному виборі продукції, створення умов для участі суб'єктів підприємницької діяльності в міжнародному економічному, науково-технічному співробітництві і міжнародній торгівлі.

Основні принципи, структура органів і правила Української державної системи сертифікації продукції – УкрСЕПРО викладені в 13 стандартах, 7 керівних нормативних вказівках і 9 рекомендаціях. У них визначаються: основні положення; вимоги до органів сертифікації і порядок їхньої акредитації; вимоги до іспитових лабораторій і порядок їхньої акредитації; порядок проведення сертифікації продукції; атестація виробництва; порядок проведення: реєстр системи, процедура визнання результатів сертифікації, продукції, що імпортується; вимоги до аудиторів і порядок їхньої атестації; сертифікація систем якості, порядок проведення; вимоги до органів сертифікації систем якості і порядок їхньої акредитації; бланки документів, форма й опис; порядок обстеження виробництва під час проведення сертифікації продукції; керівні вказівки для розробки систем якості.

Нормативні документи системи, що регламентують правила і процедури, розроблені відповідно до вимог Міжнародної організації стандартизації (ISO), Міжнародної електротехнічної комісії (IEC).

Структуру органів керування системою УкрСЕПРО подано на рис. 5.1



**Рис. 5.1. Структура керування УкрСЕПРО**

Держспоживстандарт України як Національний орган із сертифікації:

- розробляє стратегію розвитку системи стандартизації в Україні;
  - взаємодіє з національними органами сертифікації інших держав і міжнародних організацій, що здійснюють діяльність із сертифікації;
  - підтверджує перелік продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації;
  - акредитує органи сертифікації і іспитові лабораторії (центри), атестує аудиторів (акредитація – процедура офіційного визнання авторитетним органом правочинності органу чи особи представника виконувати певні завдання);
  - установлює правила визнання сертифікатів інших країн;
- веде реєстр об'єктів і суб'єктів державної системи сертифікації УкрСЕПРО.

Органи сертифікації здійснюють:

- сертифікацію продукції (процесів, послуг);
- сертифікацію системи якості;
- атестацію виробництв;
- технічний нагляд за сертифікованою продукцією;
- визнання іноземних сертифікатів.

Іспитові лабораторії проводять сертифікаційні і контрольні випробування продукції.

У системі УкрСЕПРО у відношенні імпортних товарів гарантується національний режим, передбачений положеннями Всесвітньої торгівельної організації ВТО:

- ✓ процедури сертифікації здійснюються на основі сприятливого підходу, як до аналогічної продукції вітчизняного виробництва;

- 
- ✓ товари імпорتنі перевіряють на відповідність тим самим стандартам, що і вітчизняна продукція;
  - ✓ черговість проведення сертифікаційних випробувань для імпортних товарів не менше сприятлива, ніж для товарів, зроблених в Україні;
  - ✓ розмір і види платежів, що повинні оплачуватися за сертифікацію, не відрізняються від аналогічних платежів, що виплачуються українськими виробниками. УкрСЕПРО відкрита для вступу до неї органів сертифікації й іспитових лабораторій інших країн. Обов'язковою умовою цього вступу є визнання і виконання правил системи.

## 5.2. Порядок проведення сертифікації

Системою УкрСЕПРО передбачені три ступені сертифікації:

- сертифікація продукції;
- атестація виробництва;
- сертифікація системи якості.

Сертифікацію продукції в системі УкрСЕПРО проводять **винятково органи з сертифікації**, а при їхній відсутності – організації, що виконують функції органів з сертифікації продукції за дорученням Держстандарту України.

Порядок проведення сертифікації продукції встановлюються органом з сертифікації продукції з урахуванням вимог ДСТУ 3413-96 і особливостей виробництва, випробувань і постачання продукції.

У загальному випадку порядок проведення сертифікації продукції включає:

- 1) **подачу і розгляд заявки** на сертифікацію продукції;
- 2) **ухвалення рішення за заявкою** з указівкою схеми (моделі) сертифікації;
- 3) **добір**, ідентифікацію зразків продукції і їхнього випробування;
- 4) **аналіз** отриманих результатів і ухвалення рішення про можливість видачі сертифіката відповідності і надання ліцензії (Ліцензія – документ, виданий за правилами системи сертифікації і яким орган сертифікації надає особі чи іншому органу право використання сертифікатів);
- 5) **видачу** сертифіката відповідності, надання ліцензії і внесення сертифікованої продукції до **Ресстру Системи**;

---

6) **визнання** сертифіката відповідності, виданого закордонним або міжнародним органом;

7) **технічний нагляд** за виробництвом сертифікованої продукції;

8) **інформацію** про результати робіт із сертифікації.

При виборі схеми (моделі) сертифікації продукції в Системі, органу з сертифікації рекомендується керуватися такими правилами:

1) сертифікат на **одиничний виріб** виділяється на підставі позитивних результатів випробувань цього виробу, проведених іспитовою лабораторією, акредитованою в Системі;

2) сертифікат на **партію продукції** виділяється на підставі позитивних результатів випробувань зразків продукції, відібраних від партії в порядку й у кількості, установленій по сертифікації. При цьому розмір партії (штук, кг, м<sup>2</sup> тощо) указується заявником у заявці на сертифікацію;

3) ліцензія на право застосування сертифіката відповідності на продукцію, що випускається заявником **серійно**, протягом установленого ліцензією терміну, дається на підставі позитивних результатів **первинних випробувань зразків** продукції, відібраних у порядку й у кількості, встановленою органом по сертифікації: періодичних випробувань зразків продукції з виробництва або з торгівлі в кількості, у терміни й у порядку, встановленому органом по сертифікації; **атестації виробництва** і наступного технічного нагляду за виробництвом; **сертифікації** системи забезпечення якості сертифікованої продукції і наступного технічного нагляду за відповідністю системи якості встановленою вимогою, здійснюваною компетентним органом, акредитованим у Системі.

4) **ліцензія на право** застосування сертифіката відповідності на продукцію, що випускається заявником **серійно** протягом встановленого ліцензією терміну, дається органом з сертифікації продукції **на підставі сертифікації системи забезпечення якості** при виробництві цієї продукції тільки в тому випадку, якщо в технологічному процесі виробництва кожна одиниця продукції зазнає контролю на відповідність усім вимогам нормативного документа, на відповідність якому вона сертифікується.

Орган з сертифікації продукції має право проводити випробування сертифікованої продукції з метою технічного нагляду в акредитованій в Системі іспитовій лабораторії.

---

У технічних регламентах на продукцію, застосовуваних при обов'язковій сертифікації в НД, повинні бути **однозначно і чітко зазначені** технічні вимоги, що підтверджуються при сертифікації. Норми і допустимі відхилення повинні бути задані таким чином, щоб забезпечувалася можливість їхнього виміру з заданою або відомою точністю під час випробувань.

Вимоги до маркірування, встановлені в нормативних документах, повинні забезпечувати **однозначну ідентифікацію** продукції, а також містити вказівки про засіб нанесення знака відповідності.

**Знак відповідності** – охоронний знак, виданий за правилами системи сертифікації із зазначенням відповідності даних виробу, процесу чи послуги вимогам конкретного стандарту чи іншого нормативного документа.



**Добровільна сертифікація**



**Обов'язкова сертифікація**

**Рис. 5.2. Знаки відповідності**

**За відсутності** на момент подачі заявки акредитованого в Системі органа з сертифікації продукції заявка направляється в Держстандарт України.

Якщо має декілька акредитованих органів з сертифікації конкретного виду продукції, що діють у різноманітних регіонах, то заявник має право направити заявку **в будь-який з них**.

При одержанні **негативних** результатів **хоча б по одному показнику** випробування з метою сертифікації випуск продукції припиняється, інформація про негативні результати направляється заявнику і органу з сертифікації, що анулює заявку.

**Повторні випробування** можуть бути проведені тільки після подачі **нової заявки** органу з сертифікації продукції переконливих

---

---

доказів проведення підприємством коригувальних заходів щодо усунення причин, що викликали невідповідність.

Термін дії сертифіката на продукцію, що випускається серійно протягом терміна, встановленого ліцензованою угодою, визначає орган з сертифікації з урахуванням терміна дії нормативних документів на продукцію, терміна на який сертифікована система якості або атестоване виробництво, але **не більш ніж на 3 роки**.

Термін, встановлений у ліцензії, **не подовжується**.

Порядок надання нової ліцензії замість тієї, що втратила силу визначає орган з **сертифікації** продукції в кожному конкретному випадку.

**Технічний нагляд** за стабільністю показників, підтверджених сертифікатом відповідності, при виробництві продукції здійснює орган, що видає сертифікат. За пропозицією органа з сертифікації продукції нагляд може проводитися органами з сертифікації систем якості або територіальних центрів стандартизації і метрології. До участі в проведенні технічного нагляду можуть залучатися спеціалісти Держнаглядохоронпраці, Держсаннагляду із спеціальних питань.

**За результатами нагляду** орган з сертифікації продукції може призупинити або анулювати дію ліцензії або сертифікат у випадках:

- порушення вимог, що висуваються до продукції при обов'язковій сертифікації;
- порушення вимог технології виготовлення правил приймання, методів контролю і випробувань, позначення продукції, узгодження при проведенні сертифікації;
- зміна конструкції (складу), комплектність без попереднього узгодження з органом з сертифікації продукції.

### 5.3. Апеляції

Якщо заявник бажає опротестувати міри, прийняті у відношенні його заявки на сертифікацію продукції, визнання сертифіката або рішення про анулювання ліцензії, він повинен подати апеляцію в письмовому вигляді в орган з сертифікації продукції не пізніше одного місяця після одержання сповіщення про прийняте рішення. Подача апеляції не припиняє дії прийнятого рішення.

Апеляція розглядається **апеляційною комісією** органа з сертифікації продукції не пізніше одного місяця після її одержання.



---

---

Апеляційна комісія розглядає спірні питання конфіденційно. При ухваленні рішення присутні тільки члени комісії і у повному складі.

За розголошення конфіденційної інформації органу і організації відповідають ті, що діють за його дорученням.

#### **5.4. Оплата роботи із сертифікації**

Всі роботи із сертифікації продукції оплачуються заявником на підставі укладених договорів на проведення робіт з органом сертифікації продукції, органом з сертифікації систем якості і іспитовими лабораторіями (центрами).

Витрати заявника на проведення робіт із сертифікації продукції впливають на собівартість продукції.

#### **5.5. Атестація виробництва**

Порядок проведення атестації виробництва встановлюється органом з сертифікації відповідно до вимог ДСТУ 3414-96 і з урахуванням особливостей виробництва конкретної продукції.

Атестація виробництва проводиться з метою оцінки технічних можливостей підприємства-виготовлювача, забезпечувати, стабільний випуск продукції, що відповідає вимогам нормативних документів, що поширюються на її.

Підприємство-виготовлювач, що претендує на атестацію виробництва продукції, повинно мати у своєму розпорядженні повний комплект технічної документації на продукцію і її виробництво, включаючи нормативну документацію, конструкторську і технологічну документацію. Склад технічної документації визначається особливостями продукції і технології її виробництва.

Виготовлювач повинен до проведення атестації мати у своєму розпорядженні документи підприємства, що містять зведення про:

- організацію контролю якості;
- організацію контролю за випуском продукції;
- структуру відповідальності виробничого персоналу перед вищим керівництвом за якість виготовлення продукції і виконання робіт;
- систему контролю якості в ході технологічного процесу, включаючи контроль матеріалів і комплектуючих виробів;

- 
- систему контролю за внесенням змін у технічну документацію на продукцію;
  - застосування у виробництві продукції засобів вимірювання, контролю і іспитового устаткування;
  - систему перевірки засобів вимірювання, контролю і іспитового устаткування;
  - порядок формування і позначення партій продукції, що випускаються, порядок формування і позначення вибірок із них для випробувань або контролю;
  - порядок реєстрації результатів контролю і випробувань, упорядкування, затвердження і зберігання протоколів випробувань;
  - порядок, що забезпечує випуск тільки тих партій продукції, що відповідають вимогам нормативної документації.

Виготовлювач повинен до проведення атестації розробити **інструкцію з атестації технічних можливостей (ІАТМ)**.

Організація-виготовлювач повинна призначити Головного аудитора і його заступника.

Головний аудитор повинен мати достатні повноваження і матеріальне забезпечення для виконання ефективного контролю якості вихідної сировини, що надходить, матеріалів і комплектуючих виробів, контролю якості в процесі виробництва і контролю продукції, що сертифікується.

Він підтримує зв'язок з органом, що здійснює технічний нагляд; несе персональну відповідальність за якість продукції, що поставляється із сертифікатом відповідності. Результати атестації оформляються атестатом виробництва, який вручається заявнику.

## **5.6. Перевірка (аудит) систем якості**

ДСТУ ISO 10011-1-97 встановлює основні принципи, критерії і порядок здійснення перевірок (аудитів), містить керівні вказівки щодо призначення, планування, проведення і документування перевірок систем якості.

Як правило, перевірка систем якості спрямована на вирішення одного або декількох із таких завдань:

- 1) визначення того, чи відповідають елементи системи якості установленим вимогам;
- 2) визначення ступеня ефективності впровадження системи якості з погляду вирішення поставлених у сфері якості завдань;

- 
- 
- 3) надання організації, що перевіряється, можливості поліпшити свою систему якості;
  - 4) виконання нормативних вимог;
  - 5) одержання дозволу на внесення системи якості організації, що перевіряється в офіційний реєстр.

Перевірка системи якості проводиться групою аудиторів або одним спеціалістом, але вся повнота відповідальності за її проведення повинна покладатися на головного аудитора. Головний аудитор повинен мати навички керівництва і бути наділений повноваженнями приймати остаточні рішення щодо проведення перевірки і зроблених у її ході спостережень. До обов'язків головного аудитора входить:

- участь у доборі інших членів групи аудиторів;
- підготування плану перевірки;
- рішення від імені групи усіх виникаючих питань із керівництвом організації, що перевіряється;
- складення звіту про виконану перевірку якості.

Аудитором по якості може бути спеціаліст, що має вищу освіту і пройшов спеціальну підготовку в обсязі, достатньому для забезпечення його компетентності в питаннях, необхідних для проведення перевірок якості і для керування проведенням таких перевірок. Він повинен мати вміння чітко і вільно оперувати поняттями і ідеями, як усно, так і письмово на державній мові.

Клієнт встановлює потребу в перевірці системи якості, організує її здійснення і приймає звіт про перевірку.

Керівництво організації, що перевіряється повинно:

- 1) здійснити попередній внутрішній аудит;
- 2) повідомити відповідних робітників про цілі і обсяг перевірки якості;
- 3) призначити відповідальних осіб із числа персоналу для супроводу членів аудиторської групи;
- 4) забезпечити аудиторську групу всіма способами, необхідними для ефективного і результативного проведення перевірки;
- 5) по запиті аудиторів надавати їм доступ до необхідного устаткування і документів;
- 6) співпрацювати з аудиторами, сприяючи вирішенню завдань з перевірки якості.

Звіт про перевірку складається під керівництвом головного аудитора, що відповідає за його точність і повноту.

---

---

Організація, система якості якої пройшла аудит і внесена в офіційний реєстр, звільняється від випробувань з метою сертифікації продукції, від атестації виробництва. Проводиться тільки технічний нагляд у порядку, що визначається органом з сертифікації продукції.

### **Контрольні питання**

1. Що таке сертифікація співвідношення?
2. З якою метою проводиться сертифікація?
3. Що таке акредитація органів сертифікації, дослідницької лабораторії і ким вона проводиться?
4. Хто і як здійснює технічний нагляд за сертифікованою продукцією?
5. Хто сплачує витрати на проведення сертифікації і куди відносяться ці витрати?

### **Тести**

1. При проведенні сертифікації “третьою стороною” виступає:
  - а) Держспоживстандарт;
  - б) центр стандартизації, метрології і сертифікації.
  - в) орган сертифікації.
2. Технічний регламент встановлюється для продукції підлягаючій:
  - а) атестації;
  - б) обов’язковій сертифікації;
  - в) добровільній сертифікації.
3. Сертифікат відповідності видає:
  - а) дослідницька лабораторія;
  - б) орган сертифікації;
  - в) Держспоживстандарт.
4. Рівень сертифікації, що забезпечує організації мінімум перевірок якості продукції:
  - а) сертифікація продукції;
  - б) атестація виробництва;
  - в) сертифікація системи якості.

---

---

## 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ І ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ

### 6.1. Складові економічної ефективності стандартизації

Усі заходи стандартизації повинні бути економічно обґрунтовані.

**Ефективність** – співвідношення між досягненим результатом і використаними ресурсами. Практика впровадження стандартизації у виробництво підтверджує її високу економічну ефективність. Проте до планів стандартизації слід включати тільки такі заходи, що з найбільшим економічним ефектом, порівняно з іншими варіантами, вирішують відповідну проблему.

Основним принципом визначення економічної ефективності стандартизації, її впливу на економіку є системний підхід, який передбачає аналіз і вивчення результатів впровадження усіх заходів стандартизації на всіх етапах життєвого циклу продукції.

Це дозволяє оцінювати загальну ефективність стандартизації.

**Економічний ефект** – це грошова чи натуральна форма економії живої і матеріалізованої праці на підприємстві в результаті впровадження стандарту з урахуванням необхідних для цього витрат.

**На стадії проектування** економічний ефект стандартизації досягається скороченням обсягу проектних робіт, трудомісткості, вартості і строків проектування за рахунок:

- ✓ багаторазового використання стандартної технічної документації;
- ✓ застосування стандартних умовних графічних зображень;
- ✓ використання стандартних методів розрахунку;
- ✓ зменшення обсягів копіювальних робіт;
- ✓ зменшення кількості документації, яка зберігається в технічних архівах;
- ✓ скорочення часу на узгодження і затвердження заново розробленої технічної документації.

При цьому враховуються зміни як поточних витрат проектних організацій, так і капітальних.

**На стадії виробництва** економічний ефект визначають з урахуванням збільшення серійності (масовості) випущеної продукції і складається з економії, одержаної в результаті:

- зниження трудомісткості процесів;
- зменшення матеріаломісткості;

- збільшення використання складових частин, придбаних на підприємствах спеціального виробництва за рахунок уніфікації;
- зменшення частки умовно-постійних витрат, які припадають на одиницю продукції, при її випуску.

**На стадії експлуатації (споживання)** економічний ефект складається із зниження витрат споживача внаслідок:

- підвищення технічного рівня і якості продукції;
- заміни одним стандартним виробом (одиницею продукції) кількох;
- збільшення строку служби виробу;
- підвищення надійності виробів;
- зменшення питомої енергоємності, витрати палива, води та допоміжних матеріалів;
- зниження вартості ремонтних робіт і потреби в запасних частинах.

При незмінній якості продукції всі розрахунки економічного ефекту слід виконувати тільки на стадії проектування і виготовлення.

При розрахунку економічної ефективності стандартизації на стадіях проектування, виготовлення і експлуатації (споживання) виробів за базові слід приймати параметри діючого стандарту, а за відсутності стандарту – середні галузеві технічні показники і відповідні їм економічні показники.

Усі параметри, які використовуються для розрахунку економічної ефективності стандарту, повинні відповідати показникам цього стандарту.

У кожному конкретному випадку не за всіма переліченими вище напрямками досягається економія, тому розрахунок одержаної економії проводиться тільки за відповідними складовими елементами.

Загальна економія визначається за формулою

$$E_3 = \sum_{i=1}^n E_i, \quad (6.1)$$

де  $n$  – кількість складових елементів загальної економії.

При порівнянні економічної ефективності стандарту кращим є той, який забезпечує найменший строк окупності капітальних вкладень

$$O_p = \frac{K_c}{E_3}, \quad (6.2)$$

де  $O_p$  – строк окупності, роки;

---

---

$K_c$  – капітальні вкладення, необхідні для впровадження стандартів;

$E_s$  – загальна річна економія від стандартизації.

Основними заходами стандартизації, які дають економічний ефект, є:

✓ зменшення номенклатури виробів, що збільшує серійність виробництва і заощаджує витрати на експлуатацію, включаючи витрати на навчання персоналу (економія в основному на стадії виготовлення);

✓ збільшення номенклатури, яке дозволяє застосувати в кожному випадку виріб (продукцію), який найбільше відповідає вимогам (економія при експлуатації);

✓ стандартизація методів виконання роботи (зокрема випробувань і вимірювань), документації і термінології, що зменшує трудомісткість робіт і сприяє поліпшенню досягнутих результатів (економія на стадіях проектування і підготовки виробництва);

✓ вибір найбільш технологічних конструкцій, що знижують витрати на виготовлення виробів;

✓ встановлення оптимальних параметрів, які забезпечують найбільш економічне застосування (експлуатацію) стандартної продукції;

✓ встановлення типових зразків, що зменшують обсяг проектних робіт.

## 6.2. Ефективність керування якістю

Економічна ефективність підвищення якості продукції – це економія живої і матеріалізованої праці на одиницю продукції, отриману в результаті поліпшення якісних параметрів продукції.

Ефект підвищення якості продукції виявляється на всіх етапах “життєвого циклу” і корисний для виготовлювача, споживача і товариства в цілому.

Для виготовлювача продукції він виражається у:

1) кращому використанні ресурсів; скороченні втрат від браку, халеп, реклаमाцій;

2) зростанні доходів від реалізації продукції підвищеної якості;

3) збільшення можливостей економічного стимулювання.

Для споживачів продукції ефект виражається у:

1) розширенні і відновленні асортименту виробів;

2) скороченні витрат у процесі експлуатації або споживання;

---

---

3) забезпеченні попиту меншою кількістю виробів більш високої якості;

4) створенні більш сприятливих умов праці, побуту і відпочинку населення.

Для суспільства в цілому ефект виражається у:

1) більш повному задоволенні потреб населення, що ростуть;

2) прискоренні науково-технічного прогресу;

3) розширенні експортних можливостей.

За обмеженості ресурсів (матеріальних, енергетичних, трудових, природних), якими володіє суспільство, кожний даний момент часу, економічна ефективність виступає критерієм здійснення заходів щодо підвищення якості продукції. Критерій має такий вигляд:

$$Z = C + E_n K \rightarrow \min, \quad (6.3)$$

де  $Z$  – наведені затрати, грн.;

$C$  – поточні витрати, собівартість, грн.;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності ( $E_n=0,15$ );

$K$  – разові капітальні витрати.

По цьому критерію вибирається найкращий з конкуруючих варіантів поліпшення якості шляхом перебору.

Витрати і одержувані результати повинні бути скориговані на чинник часу, момент здійснення витрат і час одержання результатів за формулою

$$\alpha_t = (1+E)^t, \quad (6.4)$$

де  $\alpha_t$  – коефіцієнт приведення;

$E$  – норматив приведення (0,1);

$t$  – кількість років, що визначають витрати і результати даного року від початку розрахункового року.

Ми звикли говорити: “Якість коштує грошей”, тоді як в інших країнах говорять: “Якість приносить гроші”. І вони доводять це на ділі [7].

### Контрольні питання

1. Що таке ефективність стандартизації?

2. З чого складається економічний ефект стандартизації:

- на стадії проектування;



- 
- 
- на стадії виробництва;
  - на стадії експлуатації (споживання)?
3. Які заходи стандартизації дають найбільший економічний ефект?
4. У чому економічний ефект підвищення якості виражається:
- для виготовлювача продукції;
  - для споживача;
  - для суспільства в цілому?
5. За яким критерієм обирається найкращий варіант поліпшення якості?

## 7. ОСНОВИ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ

### 7.1. Визначення взаємозамінності

Сучасне виробництво машин, обладнання, приладів, їх експлуатація і ремонт ґрунтується на використанні принципів взаємозамінності деталей, складових одиниць і агрегатів.

Згідно з ДСТУ 1.1:2001 **взаємозамінність** – здатність одного виробу, процесу чи послуги бути використаними замість іншого для задоволення тих самих потреб.

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

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

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

Час, необхідний на складання чи встановлення будь-якого агрегату, може бути визначений достатньо точно, він є стабільним.

---

---

Кожен робітник на конвеєрі виконує повний комплекс закріплених за ним складальних робіт за відповідний час, після чого всі машини переміщуються до наступного робочого місця, а з останнього на конвеєрі сходить готова машина. Ця узгодженість може бути лише за умови, що на складанні будуть виключені операції припасування, тобто надходитимуть повністю взаємозамінні деталі, вузли і агрегати, що забезпечує розмірну взаємозамінність

Взаємозамінність поділяється на повну і неповну (обмежену), функціональну і розмірну.

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

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

- спрощується розбирання і складання під час ремонту й експлуатації, яке полягає у простому з'єднанні деталей чи вузлів;

- процес складання точно нормується за часом, легко вкладається в установлений ритм роботи, його можна організувати потоковим методом; створюються умови для автоматизації і механізації процесів виготовлення і відновлення спрацьованих деталей та складання машин чи обладнання;

- можлива широка кооперація і спеціалізація заводів при виготовленні чи ремонті машин та їх складових частин;

- полегшується експлуатація машин і обладнання, тому що будь-яку пошкоджену деталь можна легко замінити запасною.

**Неповна взаємозамінність** потребує попереднього сортування деталей, підбору чи припасування.

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

Взаємозамінний насос гідросистеми трактора, крім точності приєднувальних розмірів, повинен забезпечувати задану продуктивність, розвивати відповідний тиск і мати достатній технічний ресурс.

Забезпечити функціональну взаємозамінність деталей можна, вирішивши цілий комплекс питань конструювання, технології

---

---

виготовлення, експлуатації і ремонту виробів, який забезпечує можливість складання (чи заміни при ремонті) незалежно виготовлених з'єднаних деталей, вузлів, агрегатів при дотриманні вимог, що ставляться до точності геометричних, механічних, електричних та інших параметрів якості, при яких експлуатаційні показники виробів повинні бути оптимальними.

Таким чином, функціональна взаємозамінність повинна характеризуватися геометричними, кінематичними і фізико-механічними параметрами деталей, а також функціональними параметрами (точність, надійність, довговічність, хімічні, електротехнічні тощо). Забезпечити функціональну взаємозамінність деталей можна, вирішивши цілий комплекс питань конструювання, технології виготовлення, експлуатації та ремонту виробів, який забезпечує можливість складання (чи заміни при ремонті) незалежно виготовлених з'єднаних деталей, вузлів, агрегатів при дотриманні вимог, що ставляться до точності геометричних, механічних, електричних та інших параметрів якості, при яких експлуатаційні показники виробів повинні бути оптимальними.

Використання принципу взаємозамінності дозволяє в широких межах здійснювати спеціалізацію і кооперацію підприємств, що дає велику економію праці і засобів завдяки застосуванню більш продуктивного спеціалізованого обладнання, комплексної механізації виробничих процесів.

Спеціалізовані заводи випускають шарико- і роликотітні машини для всіх машинобудівних заводів. Автотракторне електрообладнання, дизельну паливну апаратуру, гідронапітні системи тракторів також виготовляють на спеціалізованих заводах. Виробництво сучасного трактора чи автомобіля неможливе без кооперації заводів. Будь-який тракторний чи автомобільний завод одержує взаємозамінні деталі, складові одиниці і агрегати з багатьох спеціалізованих заводів, наприклад, в конструкції трактора МТЗ-80 використовується 75% агрегатів, складових одиниць і деталей, які надходять від заводів-суміжників.

При експлуатації і ремонті машин в умовах сільськогосподарського виробництва взаємозамінність має особливе значення. Вихід з ладу навіть однієї деталі трактора, автомобіля чи сільськогосподарської машини призводить до простою цілих агрегатів чи комплексів. Швидке усунення несправності в польових умовах можливе тільки під час використання взаємозамінних запасних частин. Порушення принципу взаємозамінності, необхідність припасування

---

---

деталі призвело б до тривалого простою машини. Ось чому нормальна експлуатація машинно-тракторного парку в польових умовах неможлива без забезпечення взаємозамінності деталей, вузлів і агрегатів.

Ремонт сільськогосподарської техніки також економічно ефективний тільки під час використання взаємозамінних запасних частин, виготовлених на спеціалізованих заводах чи відновлених на спеціалізованих ремонтних підприємствах. Виробництво запасних частин на ремонтних підприємствах веде до різкого збільшення затрат праці, засобів і матеріалів. А багато деталей, наприклад, поршні автомобільного чи тракторного двигуна взагалі не можуть бути виготовлені на ремонтних підприємствах, оскільки для їх виготовлення необхідне складне спеціальне обладнання.

Тому ремонт машин в умовах сільськогосподарського виробництва можливий лише при безперервному постачанні ремонтних підприємств взаємозамінними запасними частинами. Спеціалізація ремонтних підприємств і організація централізованого відновлення спрацьованих деталей, вузлів і агрегатів дозволяють використовувати переваги взаємозамінності при ремонті машин.

Подальше удосконалення конструкції тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин, підвищення їх надійності і довговічності, пов'язаних із збільшенням точності виготовлення окремих спряжень, ще більше підвищують значення взаємозамінності при експлуатації і ремонті сільськогосподарської техніки.

## **7.2. Розвиток взаємозамінності**

Вперше принцип взаємозамінності був впроваджений у виробництво в 1761 році на Тульському збройному заводі де було налагоджено масове виробництво рушниць.

Відповідно до указу Петра I тульські зброярі проводили незалежну обробку деталей рушниць, застосовуючи при цьому спеціальні лекала. Основним завданням взаємозамінності і в той час була можливість заміни зіпсованих деталей у польових умовах. Наприкінці XIX і на початку XX ст. Принципи взаємозамінності починають впроваджуватись у загальному машинобудуванні при виробництві верстатів, швейних машин.

Однак, ще тривалий час у взаємозамінності не було в достатній кількості ні теоретичних, ні експериментальних досліджень. Саме тому система допусків, розроблених у 1915-1917 рр. І.І. Куколевським

---

---

і у 1919 р. П.М. Шелоумовим, мала ряд недоліків і не поширювалась у промисловості.

Тільки після виконання численних експериментальних досліджень і встановлення залежності похибок від діаметра оброблювальних поверхонь, після узагальнення досвіду роботи багатьох машинобудівних заводів стало можливим створення достатньо злагодженої системи допусків і посадок.

У 1924-1925 рр. Під керівництвом професора А.Д. Гатцука розроблено новий проект стандарту “Допуски для пригонки”, який взято за основу державної системи допусків і посадок, як обов’язковий стандарт (ОСТ) і був таким протягом 50 років [13].

Таким чином, вже до Великої Вітчизняної війни СРСР мав державну систему допусків і розвинуте машинобудування, засноване на принципах взаємозамінності.

У наступні роки система допусків і посадок розширювалась і доповнювалась: були розроблені державні стандарти для діаметрів до 1 мм і більших за 500 мм; стандарти допусків і посадок різьбових з’єднань, допусків калібрів, зубчастих зчеплень, шпонкових і шліцьових з’єднань та ін. Усі державні стандарти і доповнення до них у сфері взаємозамінності враховували рекомендації Міжнародної організації по стандартизації (ІСО). Основним завданням ІСО є координація і уніфікація національних стандартів і встановлення міжнародних стандартів.

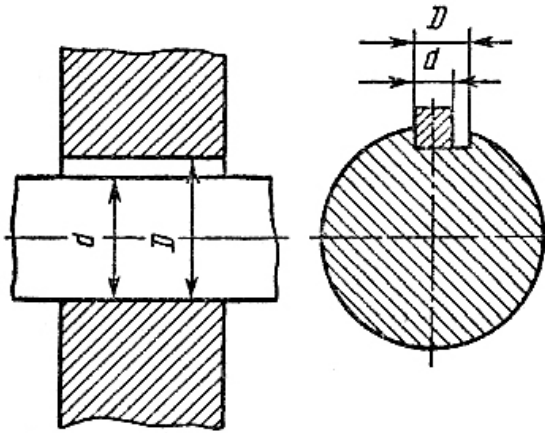
Перехід на систему допусків і посадок ISO визначений вимогами розвитку техніко-економічного співробітництва з іншими країнами. Відповідно до вимог стандартів ISO в Україні прийнятий ДСТУ ISO 286-1-2002 “Допуски і посадки за системою ISO”.

### **7.3. Основні поняття і визначення, що використовуються при забезпеченні розмірної взаємозамінності**

Основні поняття взаємозамінності за геометричними параметрами розглянемо на прикладі отворів і валів, а також їх спряжень (з’єднань) за ДСТУ ISO 286-1-2002 “Допуски і посадки за системою ISO”. Деталі, які повністю або частково входять одна в одну, створюють з’єднання.

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

Наприклад, у з'єднанні шпонки з валом шпонка є валом, а паз вала – отвором (рис. 7.1).



**Рис. 7.1.** Прилади охопленої та охоплюючої поверхні

Під час виготовлення чи відновлення деталей доводиться мати справу з розмірами.

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

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

Розміри визначаються розрахунками на міцність, жорсткість, в тому чи вибираються із конструктивних міркувань з наступним округленням до наближеного, як правило, більшого розміру із рядів нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6639-69. У подальших розрахунках використовується цей основний розмір, який називається номінальним розміром ( $D_n, d_n$ ).

Номінальний розмір – розмір, від якого отримують розміри під час застосування верхніх і нижніх відхилів (рис. 7.2). Він однаковий для отвору і вала, які створюють з'єднання ( $D_n = d_n$ ).

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

Дійсні розміри деталей в партії, виготовленій на одному і тому ж верстаті з одним встановленням інструменту, будуть завжди

---

---

відрізнятися один від одного, тому що на їх значення впливає дуже багато факторів, які не підлягають обліку і регулюванню.

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

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

Умови придатності дійсного розміру отвору і вала:

$$D_{min} \leq D_e \leq D_{max} ; \quad (7.1)$$

$$d_{min} \leq d_e \leq d_{max} . \quad (7.2)$$

**Найбільший граничний розмір** – найбільший допустимий розмір елемента.

**Найменший граничний розмір** – найменший допустимий розмір елемента.

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

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

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

$$ES = D_{max} - D_n ; \quad (7.3)$$

$$es = d_{max} - d_n . \quad (7.4)$$

**Нижній відхил** – алгебраїчна різниця між найменшим граничним і відповідним номінальним розмірами:

$$EI = D_{min} - D_n ; \quad (7.5)$$

$$ei = d_{min} - d_n . \quad (7.6)$$

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

**Нульова лінія** – лінія, яка відповідає номінальному розміру, від якої відкладаються відхили розмірів при графічному зображенні полів

---

---

допусків і посадок. Нульова лінія розташована горизонтально, тому додатні відхили відкладають вверх від неї, а від'ємні – вниз.

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

$$\text{Для отвору} \quad T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \quad (7.7)$$

$$\text{Для валу} \quad T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei \quad (7.8)$$

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

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

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

$$S = D - d \quad (7.9)$$

**Натяг (N)** – від'ємна різниця між розмірами отвору і вала, перед складенням, якщо розмір вала більший за розмір отвору. Для того, щоб розмір натягу був додатний, його визначають за формулою

$$N = d - D \quad (7.10)$$

Натяг можна визначити як від'ємний зазор і навпаки

$$N = -S, \quad S = -N$$

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

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

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (7.11)$$



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

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (7.12)$$

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

$$\begin{aligned} N_{\max} &= D_{\min} - d_{\max} \\ N_{\max} &= d_{\max} - D_{\min} = es - EI \end{aligned} \quad (7.13)$$

чи тоді він додатній.

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

$$\begin{aligned} N_{\min} &= D_{\max} - d_{\min} \\ N_{\min} &= d_{\min} - D_{\max} = ei - ES \end{aligned} \quad (7.14)$$

чи тоді він додатній.

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

$$T_{\Delta} = S_{\max} - S_{\min} ; \quad (7.15)$$

$$T_{\Delta} = N_{\max} - N_{\min} \quad (7.16)$$

У той же час

$$\begin{aligned} T_{\Delta} &= S_{\max} - S_{\min} = (D_{\max} - d_{\min}) - (D_{\min} - d_{\max}) = \\ &= (D_{\max} - D_{\min}) + (d_{\max} - d_{\min}) = T_D + T_d \end{aligned}$$

Аналогічно

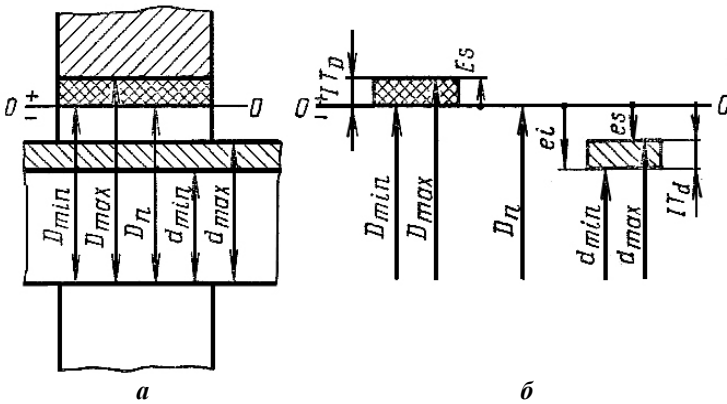
$$\begin{aligned} T_{\Delta} &= N_{\max} - N_{\min} = (d_{\max} - D_{\min}) - (d_{\min} - D_{\max}) = \\ &= (D_{\max} - D_{\min}) + (d_{\max} - d_{\min}) = T_D + T_d \end{aligned}$$

Отже, допуск посадки є арифметична сума допусків двох елементів, що складають посадку.

$$T_{\Delta} = T_D + T_d \quad (7.17)$$

Графічне зображення деталей з'єднання дає можливість краще засвоїти співвідношення граничних розмірів вала і отвору, значно спрощує всі розрахунки визначення допусків, зазорів чи натягів. Заштрихована зона між найбільшим і найменшим граничними розмірами називається полем допуску, висота його дорівнює допуску (рис. 7.2а).

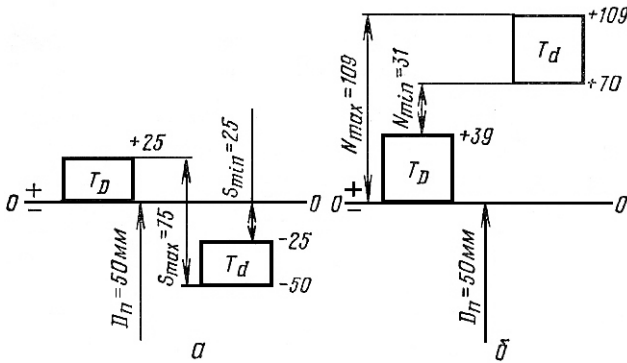
Проте така схема, хоча вона і достатньо наочна, не може бути накреслена у масштабі через дуже велику різницю між значеннями номінального розміру, відхилень і допусків. Крім того, вона дуже складна. Тому на практиці використовують простішу схему полів допусків, де за початок підрахунку граничних відхилень прийнята нульова лінія, яка відповідає положенню номінального розміру, від якої відкладаються відхилення: зі знаком плюс – уверх, зі знаком мінус – униз. За такою схемою легко визначають граничні розміри вала і отвору, допуски, зазори чи натяги (рис. 7.2б).



**Рис. 7.2. Графічне зображення деталей з'єднання:**  
 а – схема деталей з'єднання;  
 б – схема розташування допусків деталей з'єднань

Для прикладу на рис. 7.3а зображено схему розташування полів допусків з'єднання, яка має посадку із зазором. Цифрами біля полів допусків позначені граничні відхилення отвору і вала в мікрометрах. Для цього з'єднання за схемою можна визначити

$$\begin{aligned}
 D_{\max} &= 60,046\text{мм}; \\
 D_{\min} &= 60,000\text{мм}; \quad T_D = 46\text{мкм}; \\
 d_{\max} &= 59,990\text{мм}; \\
 d_{\min} &= 59,960\text{мм}; \quad T_d = 30\text{мкм}; \\
 S_{\max} &= 86\text{мкм}; \\
 S_{\min} &= 10\text{мкм}; \quad T_{\Delta} = 76\text{мкм}
 \end{aligned}$$



**Рис. 7.3. Схеми розташування полів допусків:**  
а – посадка з зазором; б – посадка з натягом

На рис. 7.3 зображено аналогічну схему розташування полів допусків з'єднання, яка має посадку з натягом. Для цього з'єднання можна визначити

$$\begin{aligned}
 D_{\max} &= 50,039\text{мм}; \\
 D_{\min} &= 50,000\text{мм}; \quad T_D = 39\text{мкм}; \\
 d_{\max} &= 50,109\text{мм}; \\
 d_{\min} &= 50,070\text{мм}; \quad T_d = 39\text{мкм}; \\
 N_{\max} &= 109\text{мкм}; \\
 N_{\min} &= 31\text{мкм}; \quad T_{\Delta} = 78\text{мкм}.
 \end{aligned}$$

## 7.4. Нанесення граничних відхилень на кресленнях

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

Граничні відхилення вказують безпосередньо після номінального розміру зі своїм знаком, причому верхній відхил вказують над нижнім (рис. 7.4а).

При симетричному розташуванні поля допуску відносно нульової лінії абсолютне значення відхилів вказується один раз із знаками  $\pm$ ; при цьому висота шрифту відхилів повинна дорівнювати висоті шрифту номінального розміру (рис. 7.4в).

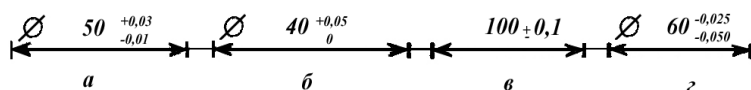


Рис. 7.4. Позначення граничних відхилень на кресленнях

Граничні відхилення розмірів деталей, зображених на складальних кресленнях, записують у вигляді дробу, в чисельнику якого вказують числові значення граничних відхилів отвору, в знаменнику – числові значення граничних відхилів вала (рис. 7.5а).

При нанесенні числових значень на складальних кресленнях допускаються написи, що пояснюють, до якої з деталей належать відхилення (рис. 7.5 б, в).

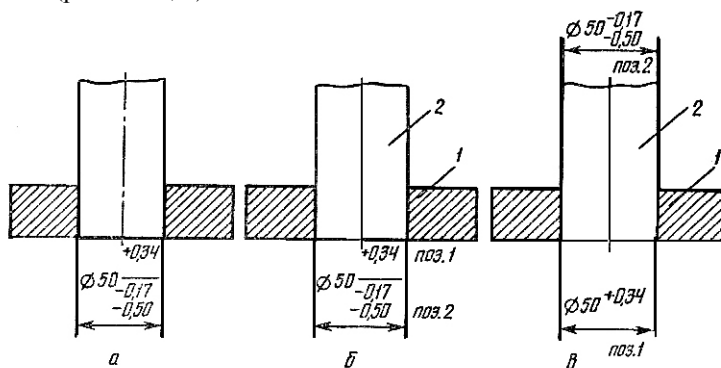


Рис. 7.5. Позначення граничних відхилень на складальних кресленнях

---

---

### Контрольні питання

1. Що таке номінальний, дійсний і граничні розміри?
2. Як записується умова здатності розміру деталі?
3. Що таке граничні відхилення і як їх визначити?
4. Чому дорівнює допуск розміру?
5. Що таке посадка і чим вона визначається?
6. Чому дорівнює зазор у з'єднанні?
7. Як визначити натяг у з'єднанні?
8. Що таке допуск посадки і чому він дорівнює?
9. Як позначаються на кресленнях граничні розміри деталей?
10. Як позначається на кресленнях граничне відхилення, яке дорівнює 0?

### Тести

1. Розмір отвору  $\varnothing 60 \begin{smallmatrix} +0,15 \\ +0,10 \end{smallmatrix}$ , його допуск дорівнює:
  - а) 0,015
  - б) 0,010
  - в) 0,005
2. Розміри валу  $\varnothing 20 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,01 \end{smallmatrix}$ . Дійсний розмір вала – 20,12 мм, за умовою придатності це розмір:
  - а) придатний
  - б) поправний брак
  - в) непоправний брак
3. У з'єднанні  $\varnothing 30 \begin{smallmatrix} -0,018 \\ -0,021 \\ 0 \\ -0,015 \end{smallmatrix}$  мм найменший натяг дорівнює:
  - а) 0,003мм
  - б) 0,016мм
  - в) 0,021мм
4. У з'єднанні  $\varnothing 40 \begin{smallmatrix} +0,054 \\ +0,014 \\ 0 \\ -0,021 \end{smallmatrix}$  мм найбільший зазор дорівнює:
  - а) 0,014 мм
  - б) 0,075 мм
  - в) 0,021 мм
5. Розмір вала  $\varnothing 35 \begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix} 0,008$  мм. Його допуск дорівнює:
  - а) 0 мм
  - б) 0,008 мм
  - в) 0,016 мм

---

---

## 8. ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ТА ВІДНОВЛЕННІ

Якість машин і, в першу чергу, їх надійність та довговічність залежить від точності обробки деталей при їх виготовленні і відновленні в процесі ремонту. Подальше удосконалення машин і ускладнення конструкцій тракторів, автомобілів, комбайнів та інших сільськогосподарських машин, збільшення швидкостей, зростання питомих навантажень ставлять більш високі вимоги до якості деталей, до точності їх обробки.

### 8.1. Види похибок і причини їх виникнення

Проектуючи машину, конструктор призначає відповідну форму і розміри деталі, які обмежуються комплексом геометричних поверхонь, що забезпечують необхідні експлуатаційні характеристики.

Проте на практиці оброблені на верстатах деталі мають відхилення від заданих розмірів і форми. У зв'язку з цим розрізняють задану чи номінальну поверхню, визначену кресленням, і дійсну чи реальну поверхню, одержану в результаті обробки та виміряну з допустимою точністю.

**Точність обробки** – це ступінь відповідності дійсних геометричних параметрів заданим кресленням, а ступінь невідповідності чи відхилення дійсних параметрів від заданих – це **похибка обробки**.

Точність забезпечується технологічним процесом та обладнанням і характеризується полем розсіювання.

Похибка обробки навіть на одній поверхні в різних перетинах і точках відрізняються одна від одної і є сукупністю відхилень з різними частотами і амплітудами.

Використання контурографів і профілографів поєднані з гармонійними аналізаторами дає можливість дослідити характер відхилень геометричних параметрів деталей з метою удосконалення технологічних процесів.

У виробничих умовах використання гармонійного аналізу для оцінки точності деталей скрутне. Тому прийнято відхилення геометричних параметрів класифікувати укрупнено: відхилення розмірів; відхилення розміщення поверхонь; відхилення форми; хвилястість і шорсткість.

Факторів, які впливають на точність обробки, дуже багато, тому їх корисно згрупувати для більш детального аналізу причин виникнення похибок обробки в системі “верстат–притосування–інструмент–деталь” (рис. 8.1).



**Рис. 8.1. Групи джерел похибок обробки в системі “Верстат, притосування, інструмент, деталь”**

**Неточність верстата.** Похибка обробки спричинена биттям шпинделя, непрямолінійністю напрямних верстата, супорта, робочого столу, непаралельністю і неперпендикулярністю переміщення супорта і задньої бабки, зазорами в з’єднаннях.

**Неточність притосовувань.** Особливо важливе значення має неточність елементів, призначених для встановлення оброблюваних деталей, неточності поверхонь корпусу притосування, якою воно приєднується до верстата.

---

---

Неточність різального інструмента. Найбільш суттєві неточності мірного (свердло, зенкер, розвертка, мітчик, протяжки тощо) і профільного (фасонні різці, шліфувальні круги, фрези та ін.) інструмента, оскільки вони безпосередньо впливають на розмір і форму оброблюваної поверхні і не можуть бути усунуті наладкою.

Для всіх різальних інструментів суттєвими є похибки, що виникають у результаті спрацювання різальної частини, тобто розмірне спрацювання інструмента.

**Неточності деталі.** Деталь, яка надходить на будь-яку операцію, має похибки обробки, що виникли при виконанні попередніх операцій.

При відновленні деталей до цих похибок додаються спотворення розмірів і форми, спричинені і деформацією в процесі експлуатації. Ці похибки впливають на точність обробки, досягнуту при даній операції.

**Деформації верстата, пристосування, інструмента.** Пружні деформації, що виникають під дією сил різання у верстаті, пристосуванні, інструменті можна поділити на деформації в місцях з'єднань – деформація стиків (відтискання шпинделя, стола, супорта тощо) і деформації тіла деталі (прогин шпинделя, станини). Розміри цих деформацій визначаються жорсткістю верстата і залежать від його конструкції та якості виготовлення.

**Деформація деталі.** Особливо важливо врахувати деформації при обробці нежорстких деталей: довгих валів, тонкостінних циліндрів, кілець та ін. У цих випадках похибки обробки виникають у результаті дії сил застосування деталі при її закріпленні і сил різання в процесі обробки.

При обробці деталей складної форми з різкою зміною площин перетину (блоки циліндрів, головки блоків, корпуси коробок передач) особливого значення мають деформації від внутрішніх напружень.

При зніманні шару металу рівновага сил внутрішнього напруження матеріалу деталі порушується, і внаслідок перерозподілу напружень форма оброблених поверхні і деталі в цілому спотворюється.

**Температурні деформації.** У процесі механічної обробки температура окремих частин верстата, пристосування, інструмента, деталі змінюється не однаково. Крім того, матеріали мають різний коефіцієнт лінійного розширення. У результаті початкове взаємне положення поверхонь порушується, що є причиною виникнення похибок обробки.



---

---

**Неточність встановлення інструмента на розмір.** Безпосередньо на значення розміру впливає неточність попереднього встановлення різального інструмента, а також при його заміні.

**Неточність вимірювання розміру.** Неточність виготовлення вимірювального інструмента чи приладу, а також неточності, допустимі при вимірюваннях, завжди є джерелом похибок обробки, оскільки висновки про похибки завжди робимо за результатами вимірювань.

Усі ці причини викликають відхилення від заданих на кресленнях параметрів деталей. При обробці партії деталей кожна із причин, яка призвела до неточності, змінює свою дію при переході від однієї деталі до іншої неоднаково.

Щоб оцінити вплив кожного із перелічених факторів зокрема, застосовують експериментально-аналітичний метод дослідження, який достатньо складний і вимагає багато часу.

Статистичний метод дослідження менш складний і трудомісткий, тому дозволяє оцінювати всю сукупність факторів, які діють на операції. Він знайшов широке застосування у виробничих умовах.

## **8.2. Точність розмірів**

У результаті виникнення похибок при обробці дійсні розміри деталей однієї партії різняться між собою, тобто відбувається розсіювання розмірів.

Оскільки діє велика кількість факторів, які не піддаються регулюванню, тому при виготовленні чи відновленні великих партій однакових деталей оцінка точності виготовлення може проводитись з використанням положень теорії ймовірності і математичної статистики.

Похибки можуть бути систематичні, випадкові й грубі.

**Систематичні похибки** сталі за значенням і знаком або закономірно змінні.

Джерелом систематичних похибок можуть бути неправильне настроювання верстата, спрацювання та неточність вимірювального інструмента, непрямолінійність напрямних верстата, неточність мірного інструмента тощо.

Значення та знак систематичної похибки заздалегідь можна передбачити і врахувати у тих випадках, коли її неможливо усунути.

---

---

**Випадкові похибки** несталі за значенням і знаком. Передбачити заздалегідь їх значення і знак неможливо, тому що вони не підпорядковані будь-якій закономірності. Джерелом випадкових похибок є пружні і температурні деформації системи верстат – пристосування – інструмент – деталь, неоднорідність механічних властивостей матеріалів, значення припуску тощо. Оцінити їх можна тільки методами теорії ймовірності.

**Грубі похибки** виникають при допущених грубих помилках, а саме: попадання стружки під встановлену деталь при вимірюванні, помилки при відліку поділок на лімбі, вимірювальному інструменті.

Запобігти похибкам обробки неможливо, тому при виготовленні чи відновленні деталей відхилення геометричних параметрів від заданих обмежують, забезпечуючи більшу чи меншу точність обробки.

Точність розміру визначається встановленим допуском на обробку.

Значна кількість факторів та їх неоднаковий вплив призводить до того, що значення і знак похибки виготовлення чи вимірювання заздалегідь передбачити неможливо, тобто похибка є випадковою величиною. Тому для аналізу похибок обробки чи вимірювання використовують положення теорії ймовірності і математичної статистики. Наявність похибок обробки чи вимірювання призводить до розсіювання розмірів у партії деталей чи результатів вимірювання.

### 8.3. Статистичні параметри розсіювання

Аналіз випадкових величин можна виконувати тільки тоді, коли є масив експериментальних даних, представлених таблицею, графічно у вигляді гістограм або полігона розсіювання.

При побудові гістограми по осі абсцис відкладають розмір, а по осі ординат – відносну частоту  $\omega$  :

$$\omega = \frac{n_{xi}}{N}, \quad (8.1)$$

де  $n_{xi}$  – частота чи кількість розмірів, які потрапляють в один і той же інтервал;

$N$  – загальна кількість розмірів (рис. 8.2).

Сума прямокутників, шириною яких є прийнятий інтервал розмірів, а висотою відносна частота  $\omega$ , і є **гістограмою**.

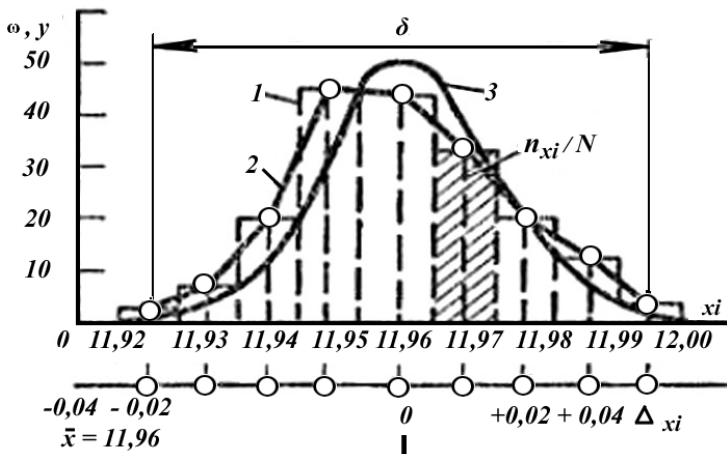


Рис. 8.2. Гістограма (1), полігон (2) та теоретична крива розсіювання

Якщо середини верхньої частинки прямокутників з'єднати прямими лініями, то одержимо ламану лінію, яка є **емпіричною кривою розсіювання розмірів**, чи **полігоном розсіювання**. Гістограма і полігон дають наочне уявлення про характер розсіювання випадкової величини ( в нашому випадку розміру).

Якби була можливість збільшувати  $n$ , то при  $n \rightarrow \infty$  полігон перетворився б на криву щільності розсіювання ймовірності  $p_x$ , описаної одним із теоретичних законів розсіювання.

На гістограмі чи полігоні розсіювання площа в межах інтервалу дорівнює відносній частоті, а на теоретичній кривій – ймовірності появи розміру в даному інтервалі.

Закон великих чисел говорить: з ймовірністю, близькою до достовірної, можна стверджувати, що при достатньо великій кількості дослідів частота спостережуваної події може як завгодно мало відрізнятись від її ймовірності.

Виходячи із цього, для практичних розрахунків використовують теоретичні криві розсіювання, одержані апроксимацією гістограм або емпіричних кривих розсіювання.

Для апроксимації існує ряд теоретичних законів розсіювання.

Дуже поширений закон нормального розсіювання який характеризується рівнянням

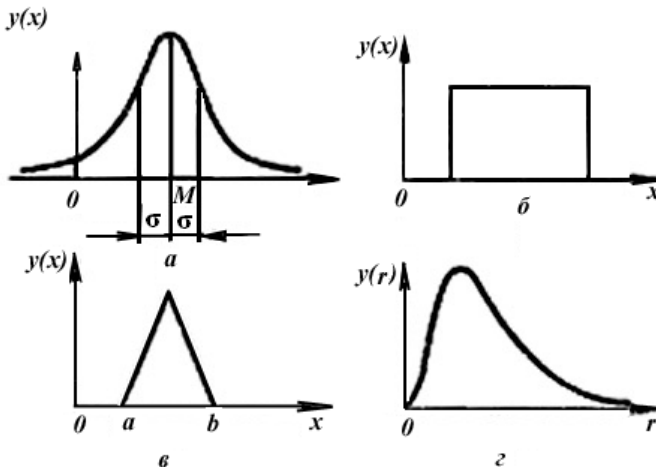
$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (8.2)$$

Цей закон має місце, коли із великої кількості факторів жоден не є домінуючим, а кожний відіграє відносно малу роль у загальній сукупності (рис. 8.3а). Він виражається кривою Гауса, розміщеною симетрично відносно центру групування і асимптотично наближається до осі абсцис.

Закон нормального розсіювання розмірів часто має місце при обробці деталей, особливо на верстатах-автоматах, а також при вимірюванні розмірів універсальними засобами вимірювання.

$$y = \frac{1}{x_n - x_1} = const. \quad (8.3)$$

Він характерний для випадкових величин, на які впливає різко домінуючий фактор, що рівномірно змінюється в просторі чи часі (рис. 8.3 б).



**Рис. 8.3.** Закон розсіювання випадкових величин

а – закон нормального розподілення; б – закон рівної ймовірності;  
в – закон рівнобедреного трикутника; г – закон ексцентриситету

---

---

Закон Сімпсона (рівнобедреного трикутника) має математичний вираз

$$y = \begin{cases} \frac{4}{(x_n - x_1)^2} (x_n - x_1) & \text{при } x_n \langle x'_n; \\ \frac{4}{(x - x_1)^2} (x_n - x) & \text{при } x_n \rangle x. \end{cases} \quad (8.4)$$

Цьому закону підпорядковуються випадкові величини, на які впливають сумарно два домінуючих фактори (рис. 8.3в).

**Закон ексцентриситету** (закон Максвела) має вираз

$$y = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{\sigma^2}}, \quad (8.5)$$

де  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ .

Цьому закону підпорядковуються величини, які можуть мати тільки позитивні значення, наприклад, ексцентриситет, неспіввісність, торцьове чи радіальне биття, непаралельність і неперпендикулярність двох площин, осі і площини (рис. 8.3г).

При апроксимації той чи інший закон вибирають як із загальних міркувань про закон розсіювання, так і виходячи з форми зображення емпіричної кривої розсіювання, яка може допомогти попередньо вибрати теоретичну криву розсіювання.

Остаточний висновок вибору закону розсіювання, який характеризує розсіювання випадкової величини, роблять після визначення відповідності експериментальної і теоретичної кривих розсіювання по одному із критеріїв погодження (Критерій Колмогорова, Пірсона тощо).

Знання закону розсіювання випадкової величини дозволяє вирішувати практичні завдання, пов'язані з аналізом точності обробки і вимірювання.

Наближене обчислення закону розсіювання ймовірностей дає його числові характеристики чи **моменти**. Усі вони – середні величини. Якщо вони відраховуються від початку координат, то моменти називаються початковими, якщо від центру закону розсіювання, то – центральними.

---

---

Важливим початковим моментом є перший – середньоарифметичне значення

$$\bar{x} = \int_{-\infty}^{+\infty} xp(x)dx, \quad (8.6)$$

яке характеризує математичне очікування.

Чим більша кількість експериментальних даних, тим більше середнє значення наближається до математичного очікування. При обмеженості кількості дослідів

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (8.7)$$

де  $N$  – кількість дослідів (розмірів деталей в партії, замірів при вимірюванні).

Мірою розсіювання окремих результатів є другий центральний момент – дисперсія

$$\sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \bar{x})^2 p(x)dx \quad (8.8)$$

або середнє квадратичне відхилення

$$\sigma_x = +\sqrt{\sigma_x^2}. \quad (8.9)$$

При обмеженій кількості дослідів:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}. \quad (8.10)$$

Якщо кількість дослідів більше 25, то з достатньою достовірністю можна визначити середнє квадратичне відхилення за формулою

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}. \quad (8.11)$$

---

---

Третій центральний момент є мірою несиметричності розсіювання чи асиметрії

$$\mu = \frac{(x_i - \bar{x})^3}{\sigma_x^3}. \quad (8.12)$$

Четвертий центральний момент характеризує ексцес

$$V = \frac{(x_i - \bar{x})^4}{\sigma_x^4}. \quad (8.13)$$

Функції розсіювання ймовірності і всі моменти мають важливі властивості: будучи характеристиками випадкової величини, самі не є випадковими.

Оскільки практично завжди маємо справу з обмеженою кількістю експериментальних даних, то функції використовуються тільки як математичні моделі.

#### 8.4. Визначення ймовірного відсотка браку

Вирішення деяких практичних завдань доцільно розглядати на прикладі закону нормального розсіювання.

Площа, обмежена кривою нормального розподілу і віссю абсцис (по осі ординат відкладаються щільність ймовірності і  $F(x)$  для випадку, коли початок координат збігається з середнім арифметичним значенням, визначається рівнянням

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (8.14)$$

У теорії ймовірності часто користуються коефіцієнтом ризику

$$t = \frac{x}{\sigma}. \quad (8.15)$$

Якщо замість  $x$  до рівняння ввести коефіцієнт ризику  $t$ , то воно набуде вигляду

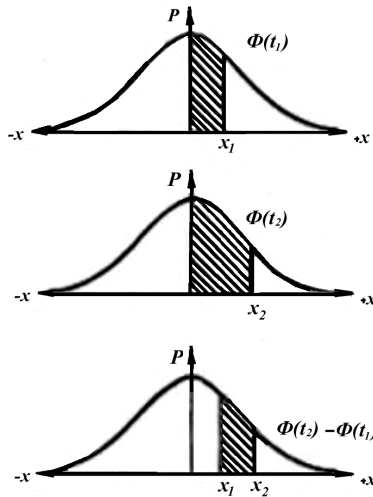
$$F(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dx. \quad (8.16)$$

Площа, обмежена кривою нормального розподілу і віссю абсцис, дорівнює ймовірності повної сукупності подій, тобто дорівнює одиниці.

При симетричному розміщенні кривої відносно осі у можна записати

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 0,5, \quad (8.17)$$

де  $\Phi(t)$  – площа, обмежена кривою і віссю абсцис у межах інтегрування від 0 до  $\infty$ .



**Рис. 8.4.** Визначення інтегральної функції

Щоб визначити ймовірність того, чи випадкова величина буде в інтервалах від  $x_1$  до  $x_2$ , достатньо встановити відповідні значення (рис. 8.4 )



$$t_1 = \frac{x_1}{\sigma} \text{ і } t_2 = \frac{x_2}{\sigma},$$

а шукана величина дорівнюватиме їх різниці

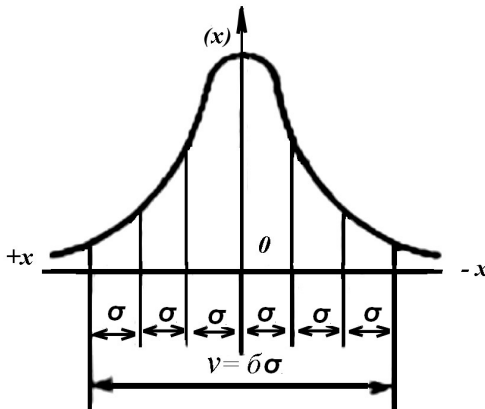
$$\Phi(t) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1).$$

Величину  $\Phi(t)$  називають інтегральною функцією або нормованою функцією Лапласа. Рівняння має вигляд

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (8.18)$$

З метою обмеження розрахунків значення  $\Phi(t)$  залежно від  $t$  наведено в дод. Е1.

Крива нормального розподілу по обидві сторони симетрично наближається до осі абсцис. Для практичних розрахунків треба мати обмежене поле розсіювання, яке охоплювало б основну масу подій.



**Рис. 8.5. Визначення поля розсіювання**

Оскільки основним параметром розсіювання є середнє квадратичне відхилення  $\sigma$ , то поле розсіювання приймають в межах  $\pm 3\sigma$ . За межами цього поля розсіювання, як видно із дод. 1,

залишається 0,27% подій, що для технічних розрахунків цілком прийнятно (рис. 8.5). Таким чином, поле розсіювання  $V$  дорівнює

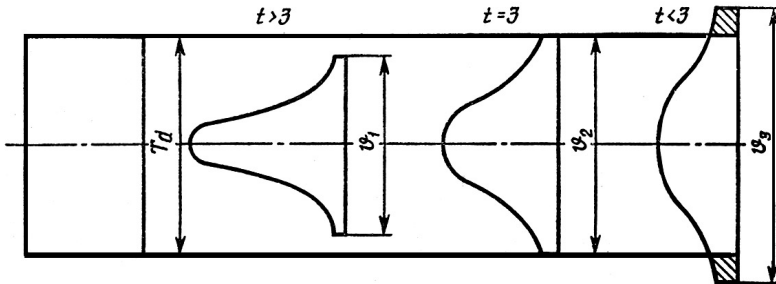
$$V=6\sigma. \quad (8.19)$$

Для визначення відсотка браку при виготовленні деталей спочатку визначають коефіцієнт ризику  $t$ . При нормальному розподілі, коли середина поля допуску з центром розсіювання,  $x = \frac{T}{2}$ .

Якщо в формулу коефіцієнта ризику підставити це значення  $x$ , а  $\sigma$  визначити з попереднього рівняння через  $V$ , то одержимо

$$t = \frac{x}{\sigma} = \frac{T}{2\sigma} = \frac{T}{2 \frac{V}{6}} = 3 \frac{T}{V}.$$

Таким чином, коефіцієнт ризику в цьому випадку показує співвідношення поля допуску і поля розсіювання (рис. 8.6) для технологічних процесів, які дають різні точність і поле розсіювання ( $V_1, V_2, V_3$ ). Коли коефіцієнт ризику дорівнює 3, поле розсіювання  $V_2$  дорівнює полю допуску і браку практично не буде (не більше 0,27%). Якщо ж коефіцієнт ризику понад 3, браку не буде, але процес обробки вибраних надмірно точний, а, значить, дорожчий.

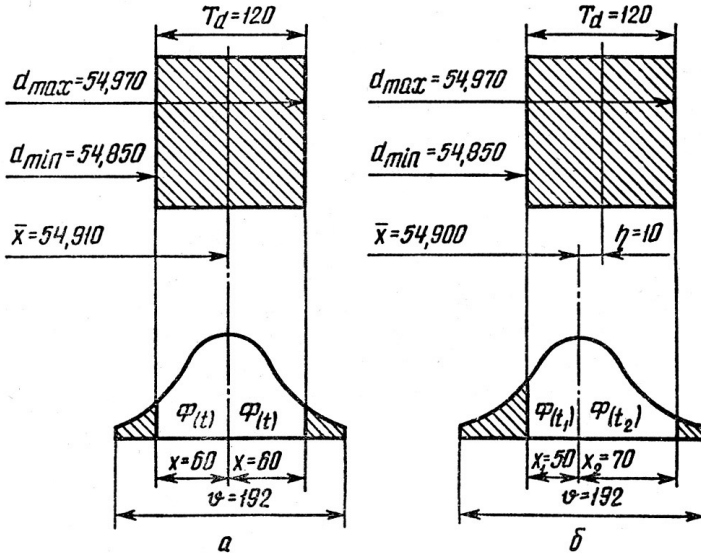


**Рис. 8.6.** Значення коефіцієнта ризику при різних співвідношеннях  $Td$  та  $v$

Якщо коефіцієнт ризику менше 3, брак ймовірний і для вибору оптимального технологічного процесу обробки треба знати ймовірний відсоток браку.

Розглянемо визначення відсотка браку  $Q_{\text{бр}}$  на конкретному прикладі.

Треба виготовити вал  $\varnothing 55_{-0,15}^{-0,03}$  мм. Середній розмір збігається із серединою поля допуску (рис. 8.7а).



**Рис. 8.7.** Визначення ймовірного відсотка браку  
 а – при симетричному розташуванні поля розсіювання;  
 б – при зміщеному полі розсіювання

Середнє квадратичне відхилення  $\sigma = 32$  мкм, якщо  $V = 196$  мкм

Визначаємо  $t = \frac{T_d}{2\sigma_2} = \frac{120}{2 \cdot 32} = 1,875$ ; відповідну йому

інтегральну функцію знаходимо за дод. 1

$$\Phi(t) = 0,4696$$

Тоді ймовірність появи браку

$$P_{\text{бр}} = 1 - 2\Phi(t) \quad (8.20)$$

$$P_{\text{бр}} = 1 - 2\Phi(t) = 1 - 2 \cdot 0,4696 = 0,0608,$$

---

---

а відсоток браку

$$Q_{\bar{\sigma}_p} = 100 \quad P_{\bar{\sigma}_p} = 100 \cdot 0,0608 = 6,08\%.$$

Якщо середній арифметичний розмір  $x$  не збігається із серединою поля допуску (рис. 8.7 б), а дорівнює 54,900мм, треба окремо визначити появу придатних деталей більших чи менших розмірів, ніж середній.

Для цього знаходимо коефіцієнти ризику

$$t_1 = \frac{x}{\sigma\alpha} = \frac{50}{32} = 1,56,$$
$$t_2 = \frac{\bar{x}_2}{\sigma\alpha} = \frac{70}{32} = 2,19.$$

За табл. додатка Е1 знаходимо значення інтегральної функції, яка відповідає коефіцієнту ризику

$$\Phi(t_1) = 0,4406;$$

$$\Phi(t_2) = 0,4858.$$

Сумарна ймовірність появи придатних деталей

$$p_{np} = \Phi(t_1) - \Phi(t_2) = 0,4406 + 0,4858 = 0,9264 ,$$

а ймовірність появи бракованих деталей:

$$p_{\bar{\sigma}_p} = 1 - (\Phi(t_1) + \Phi(t_2)) = 1 - 0,9264 = 0,0736,$$

тобто ймовірний відсоток браку

$$Q_{\bar{\sigma}_p} = 100 p_{\bar{\sigma}_p} = 100 \cdot 0,0736 = 7,36\%.$$

Як видно із співвідношення цих двох варіантів прикладу, на значення ймовірного відсотка браку впливає не тільки значення поля розсіювання, але і його положення відносно середини поля допуску.

Зміщення центру групування на 100 мкм при тому ж значенні поля розсіювання призвело до збільшення ймовірного відсотка з 6,08 до 7,36%.

Це треба враховувати при наладці верстатів.

### 8.5. Точність форми і розміщення поверхонь

Точність форми характеризується відхиленням реальних поверхонь (чи профілю) від форми номінальної поверхні (чи профілю), заданої кресленнями, визначається за ДСТУ2498-94.

**Реальна поверхня** – це поверхня, що обмежує деталь і відокремлює її від навколишнього середовища.

**Номінальна поверхня** – це поверхня ідеальна, форма якої задана кресленням чи іншою технічною документацією.

Для кількісної оцінки відхилень форми використовують принципи прилягаючої поверхні чи профілю.

**Прилягаюча поверхня (чи профіль)** – це поверхня (чи профіль), яка має форму номінальної поверхні (чи профілю), що дотикається до реальної поверхні (чи профілю) і розташована поза матеріалом деталі так, щоб відхилення від неї найбільш віддаленої точки реальної поверхні в межах ділянки, що нормується, мало мінімальне значення.

**Профіль** – це лінія перетину поверхні з площиною чи заданою поверхнею.

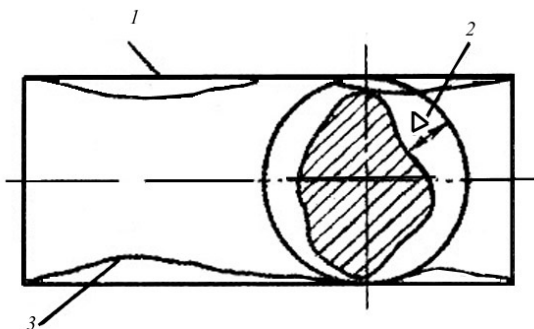


Рис. 8.8. Визначення комплексного показника відхилу від циліндричності:

- 1 – цмліндр, що прилягає; 2 – відхили від циліндричності;
- 3 – реальна поверхня

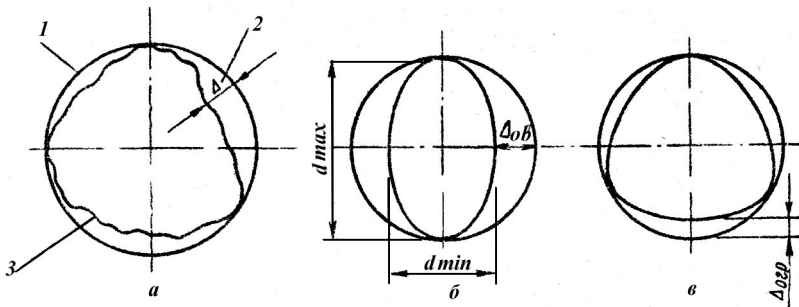
Кількісно відхилення форми оцінюється найбільшою відстанню  $\Delta$  від точок реальної поверхні (профілю) до прилягаючої поверхні (профілю) за нормаллю до прилягаючої поверхні (профілю).

Відхилення форми можуть бути комплексними і одиничними.

Для циліндричних поверхонь комплексним є відхилення від циліндричності, яке характеризує найбільшу відстань  $\Delta$  від точок реальної поверхні до прилягаючого циліндра (рис. 8.8).

Прилягаючий циліндр – це циліндр мінімального діаметра, описаного навколо реальної зовнішньої поверхні чи максимального діаметра, вписаного в реальну внутрішню поверхню.

Комплексним показником відхилень у площині поперечного перерізу є відхилення від коловидності. Одиничними відхиленнями будуть овальність і кулачкова форма (рис. 8.9).



**Рис. 8.9. Відхилення форми циліндра у поперечному перерізі:**

а – відхилення від коловидності; б – овальність; в – кулачкова форма;

1 – окружність, що прилягає; 2 – відхилення від коловидності;

3 – реальний профіль

**Овальність** – відхилення від округлості, при якому реальний профіль поперечного перерізу є овалоподібною фігурою, найбільший і найменший діаметри якої знаходяться у взаємно перпендикулярних напрямках.

Значенням овальності є піврізниця між найбільшим і найменшим діаметром перерізу

$$\Delta_{об} = (d_{нб} - d_{нм}) / 2. \quad (8.21)$$

Овальність виникає в результаті биття шпинделя токарного чи шліфувального верстатів, внаслідок неправильної форми поперечного розрізу заготовки, дисбалансу деталі тощо.

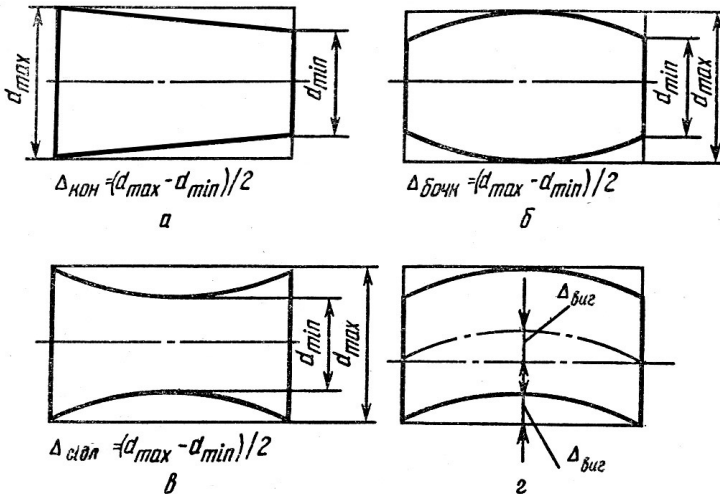
**Кулачкова форма** – відхил від круглості, при якому радіальний профіль поперечного перерізу є багатогранною фігурою, окресленою відрізком дуг з центром крутизни в різних точках.

Значення відхилу круглості, обумовлений кулачковою формою кількісно дорівнює найбільшій відстані реального профілю від прилягаючого кола.

**Прилягаюче коло** – це коло номінального діаметра, описане або вписане навколо реального профілю.

Причиною появи кулачкової форми є зміна положення миттєвого центра обертання деталі при обробці, з'являється, як правило, при бесцентровому шліфуванні і при різанні, коли система “верстат – пристрій – інструмент – деталь” недостатньо жорстка.

Одиничними показниками відхилень циліндричних поверхонь у поздовжньому перерізі є конусоподібність, бочкоподібність, сідлоподібність, відхилення від прямолінійності осі (рис. 8.10).



**Рис. 8.10.** Відхилення форми циліндра у поздовжньому перерізі:  
а – конусоподібність, б – бочкоподібність; в – сідлоподібність (корсетність); г – зігнутість

**Конусоподібність** – відхили від паралельності протилежних твірних (рис. 8.10 а). Виникає вона при незбіганні осей шпинделя і пінолі задньої бабки верстата, непаралельності осі шпинделя напрямним станини, швидкому спрацюванні різця тощо.

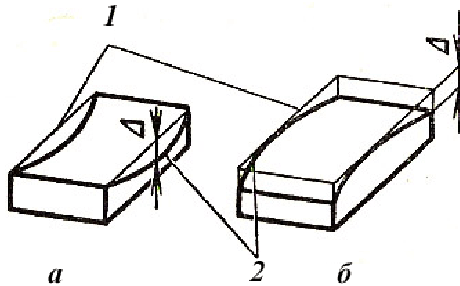
Значення конусоподібності визначається за формулою

$$\Delta_{\text{кон}} = (d_{н\delta} - d_{нм}) / 2 \quad (8.22)$$

**Відхили від прямолінійності осі** характеризується непрямо-лінійністю геометричного місця центрів поперечних розрізів циліндричної поверхні (рис. 8.10 г) і виникає, як правило від дії нерівномірно розподілених залишкових поверхонь після термообробки, наклепу тощо.

**Відхили від площинності** – комплексний показник відхилів форми плоских поверхонь. Він характеризує сукупність усіх відхилів форми поверхні і кількісно дорівнює найбільшій відстані від реальної поверхні 2 до прилягаючої площини 1 (рис. 8.11).

Усі види відхилень від правильної геометричної форми негативно впливають на роботу з'єднання.



**Рис. 8.11. Похибки форми площинності поверхонь:**  
а – угнутість; б – опуклість; 1 – прилягаюча площина;  
2 – реальна поверхня



---

---

У рухомих з'єднаннях відхили форми призводить до зменшення фактичної площі контакту, збільшує питомі навантаження, погіршує умови мащення і в результаті значно скорочує ресурс з'єднання внаслідок інтенсивного спрацювання спряжених поверхонь деталей.

У нерухомих з'єднаннях відхили форми призводять до зменшення реального натягу і, як наслідок, до зниження надійності з'єднання.

Для взаємозамінності з'єднань ДСТУ ISO 2768-2-2001 встановлює граничні відхилення форми залежно від прийнятого класу допуску.

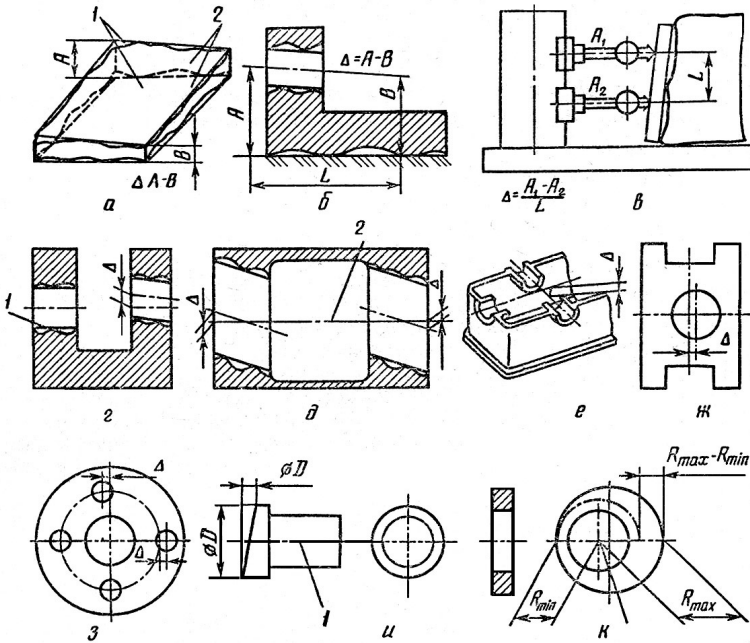
Стандартом визначені три класи допуску: **H, K, L**. Коли вибирають клас допуску, потрібно враховувати відповідну звичайну точність виробника. Якщо потрібно встановити менші чи більші чисельні геометричні допуски, то такі допуски належить наводити безпосередньо за номінальним розміром.

**Відхили розташування** – це відхили реального розташування елемента від його номінального розташування, визначеного номінальними лініями, кутовими розмірами між ними і базами чи між розглядуваними елементами, якщо бази не задані.

Причинами виникнення відхилів розташування поверхні є похибка обробки деталей, похибки пристроїв для встановлення деталей, порушення принципу “єдності баз” при виготовленні деталей. У період експлуатації відхилення розташування поверхонь значною мірою збільшуються через нерівномірне спрацювання, пластичне деформування, старіння металу корпусних деталей, яке супроводжується жолобленням.

До відхилів розташування поверхонь  $\Delta$  згідно з ДСТУ ISO 2768-2-2001 належать:

- відхили від паралельності площин (рис. 8.12 а), осей обертання і площин (рис. 8.12 б);
- основні допуски прямолінійності і площинності наведено в табл. 4;



**Рис. 8.12. Відхили від паралельності площин:**

а, б – від паралельності відповідно площин до висей; 1 – прилежні площини; 2 – дійсні (реальні) поверхні; в – від перпендикулярності площин до висей; г, д – від співвісності відносно відповідно базової поверхні та загальної осі; 1 – базова поверхня; 2 – загальна вісь; е – від перетину висей; ж – від симетричності; з – позиційні відхили; и, к – торцеве та радіальне биття; 1 – базова вісь

**Таблиця 4. Основні допуски прямолінійності і площинності**

Клас допуску	Допуски прямолінійності і площинності для інтервалів номінальних розмірів, мм				
	До 10	Понад 10 до 30	Понад 30 до 100	Понад 100 до 300	Понад 300 до 1000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2

- відхили від перпендикулярності площин (рис. 8.12 в), осей чи осі і площини (рис. 8.12 г); основні допуски перпендикулярності наведено в табл. 5.

**Таблиця 5. Основні допуски перпендикулярності**

Клас допуску	Допуски перпендикулярності для інтервалів номінальних розмірів найкоротшої сторони, мм		
	до 100	понад 100 до 300	понад 300 до 1000
H	0,2	0,3	0,4
K	0,4	0,6	0,8
L	0,6	1	1,5

- відхили від симетричності (рис. 8.12 д); основні допуски симетричності наведено в табл. 6.

**Таблиця 6. Основні допуски симетричності**

Клас допуску	Допуски симетричності для інтервалів номінальних розмірів, мм		
	до 100	понад 100 до 300	понад 300 до 1000
H	0,5		
K	0,6		0,8
L	0,6	1	1,5

- відхили співвісності відносно осі базової поверхні і відносно загальної осі (рис. 8.12 е); вони можуть бути такими великими як і значення допуску на колове радіальне биття, що його наведено в табл. 7.

До сумарних відхилів форми і розташування поверхонь належить колове (торцьове і радіальне) биття (рис. 8.12 ж); основні допуски колового биття наведено в табл. 7.

**Таблиця 7. Основні допуски колового биття**

Клас допуску	Допуски колового биття, мм
H	0,1
K	0,2
L	0,5

Позиційні допуски позначаються на кресленнях згідно з визначеними ДСТУ ISO 5458-2001 (рис. 8.13).

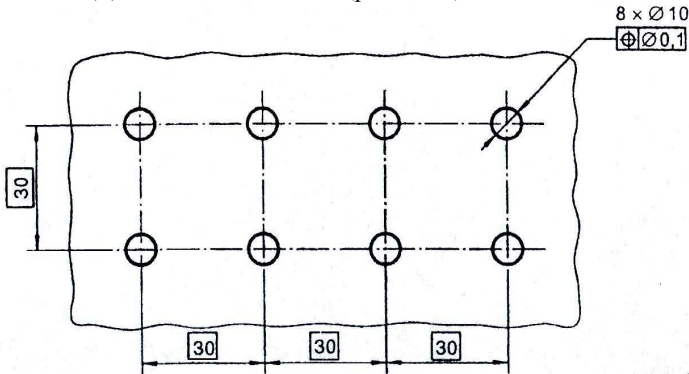


Рис. 8.13. Позначення позиційного допуску

При комбінації допусків кожен вимогу задовольняють незалежно (рис. 8.14).

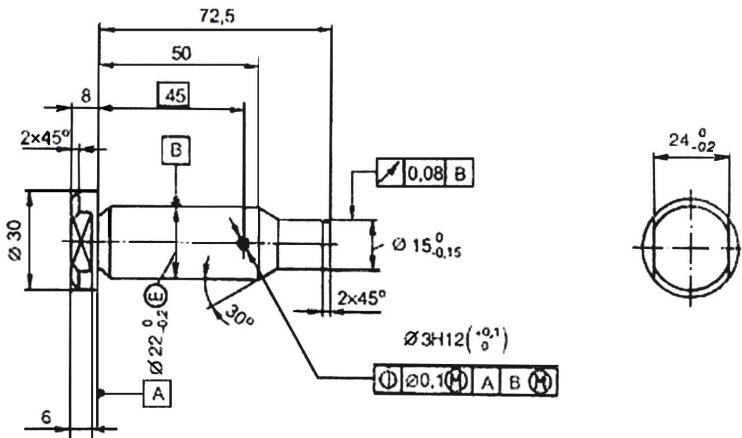


Рис. 8.14. Позначення залежного допуску

Відхилення розташування поверхонь від їх номінального значення дуже негативно позначається на надійності і довговічності роботи машин, спричиняє в окремих деталях і з'єднаннях до додаткових статичних і динамічних навантажень, що призводить до інтенсивного спрацювання і стомленосного руйнування деталей.

---

---

Практика ремонту показує, що відремонтована з повною заміною валів, зубчастих коліс, підшипників кочення коробка передач трактора має ресурс не більше 45% ресурсу нової, якщо у відновлених корпусах коробки передач не дотримані технічні умови розташування осей і поверхонь.

Допуски форми і розташування поверхонь вказують на кресленнях умовними позначеннями чи текстом у технічних вимогах. Використання умовних позначень є переважаючим. Позначення на кресленнях допусків форми і розташування поверхонь стандартизоване.

У табл. 5 наведено умовні позначення допусків форми та розташування поверхонь і сумарні допуски форми й розташування поверхонь.

Умовні позначення допусків розміщують у прямокутну рамку, поділену на дві чи три частини. У першій проставляють умовний знак допуску, в другій – числове значення допуску в міліметрах, у третій – літерне позначення бази чи іншої поверхні, до якої належить відхилення.

Рамки викреслюють суцільними тонкими лініями і розташовують горизонтально.

Висота цифр, букв і знаків, вписаних у рамки, повинні бути такого ж розміру, як і шрифт розмірних чисел, а висота рамки – на 2–3 мм більша. Не допускається перетинати рамку будь-якими лініями.

За необхідності допускається вертикальне розташування рамки.

З елементом, до якого належить допуск, рамку з'єднують прямою або ламаною лінією, яка закінчується стрілкою.

Якщо допуск належить до поверхні чи її профілю, то рамку з'єднують з контурною лінією поверхні чи її продовженням. При цьому з'єднувальна лінія не повинна бути продовженням розмірної рамки. Якщо ж допуск належить до осі чи площинної симетрії, то з'єднувальна лінія повинна бути продовженням розмірної лінії.

Напрямок відрізка з'єднувальної лінії, який закінчується стрілкою, повинен відповідати напрямку лінії вимірювання відхилення.

Базова поверхня, вісь чи площина симетрії позначається рівностороннім загостреним трикутником і з'єднується з рамкою за тими ж правилами, що й стрілка.

При потребі дозволяється базову чи іншу поверхню, до якої належить відхилення, позначити великою літерою, вписаною в третю частину рамки. Цю ж літеру вписують у квадратну рамку, яку з'єднують з позначеною поверхнею лінією, яка закінчується

трикутником чи стрілкою, залежно від того позначає вона базу чи небазову поверхню.

Вказаний у рамці допуск форми чи розташування поверхні належить до всієї довжини поверхні.

Якщо ж допуск належить до ділянки поверхні заданої довжини, то її вказують після граничного відхилу, відокремлюючи косою рисою.

Якщо допуски форми не вказані на кресленнях, то допускаються будь-які відхили в межах поля допуску елемента.

**Таблиця 8. Умовні позначення допусків форми і розташування поверхонь**

Група відхилів і допусків	Відхили форми чи розташування	Допуски форми чи розташування	Умовний знак допуску
Відхили і допуски форми	Відхили від прямолінійності	Допуск прямолінійності	—
	Відхили від площинності	Допуск площинності	
	Відхили від круглості	Допуск круглості	○
	Відхили від циліндричності	Допуск циліндричності	
	Відхили профілю по здовжнього перерізу	Допуск профілю по здовжнього перерізу	
Відхили і допуск розташування	Відхили від паралельності	Допуск паралельності	
	Відхили від перпендикулярності	Допуск перпендикулярності	
	Відхили від співвісності	Допуск співвісності	
	Відхили від симетричності	Допуск симетричності	
	Позиційний відхил	Позиційний допуск	
Сумарні відхили і допуски форми і розташування	Колове биття	Допуск радіального биття	
	Торцьове биття	Допуск торцьового биття	

## 8.6. Хвилястість і шорсткість поверхонь

Поверхні деталей, оброблених на металорізальних верстатах, мають нерівності у поздовжньому і поперечному напрямках.

Поздовжні нерівності визначаються в напрямку головного робочого руху при різанні, а поперечні – в напрямку, перпендикулярному до нього. Ці неточності, їх форма, розміри, частота повторення залежать від різального інструмента, методів і режимів обробки, матеріалу деталі, жорсткості обладнання.

При оцінці нерівностей розрізняють хвилястість і шорсткість поверхонь.

**Хвилястість** – це сукупність періодичних виступів і западин, у яких відстань між сусідніми виступами чи западинами перевищує базову довжину  $l$ . Хвилястість займає проміжне положення між відхилами форми і шорсткістю поверхні.

Параметри хвилястості вказані на рис. 8.15.

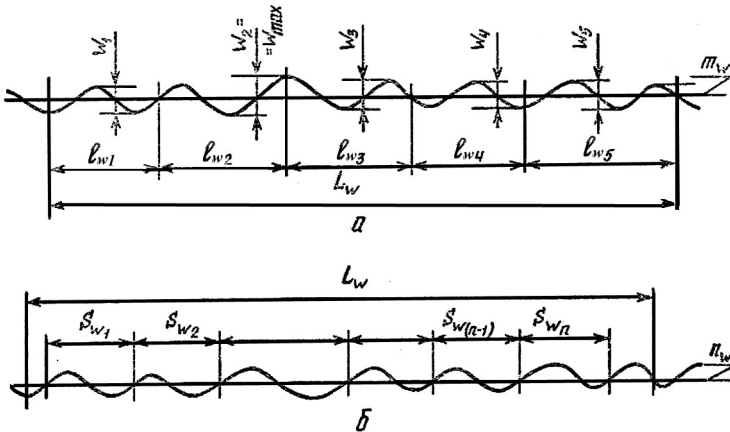


Рис. 8.15. Параметри хвилястості

Висота хвилястості  $W_z$  – середнє арифметичне з п'яти її значень ( $W_1; W_2; W_3; W_4; W_5$ ), визначених на довжині ділянки вимірювання  $L_w$ , яка дорівнює не менше як п'яти дійсним крокам хвилястості:

$$W_z = \frac{1}{5} (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5), \quad (8.23)$$

---

---

Числові граничні значення хвилястості  $W_z$  вибирають з ряду 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200 мкм.

Окрім вимірювання хвилястості здійснюють на довжині  $L_{wi}$ , яка дорівнює п'ятій частині довжини  $L_w$ .

Найбільша висота хвилястості  $W_{max}$  – відстань між найвищою і найнижчою точками вимірюваного профілю в межах  $L_w$ . Середній крок хвилястості  $S_w$  – середнє арифметичне значення довжини відрізків середньої лінії  $S_w$ , обмежених точками їх перетину із сусідніми ділянками профілю  $m_w$  (рис.8.15)

$$S_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{m_i} . \quad (8.24)$$

Форма хвилястості залежить від обробки поверхні. Вона має, як правило, синусоїдний характер.

Межа між хвилястістю і шорсткістю умовна, оскільки при зміні базової довжини  $l$ , яку призначають з експлуатаційних міркувань, значення параметрів хвилястості і шорсткості будуть також змінюватись.

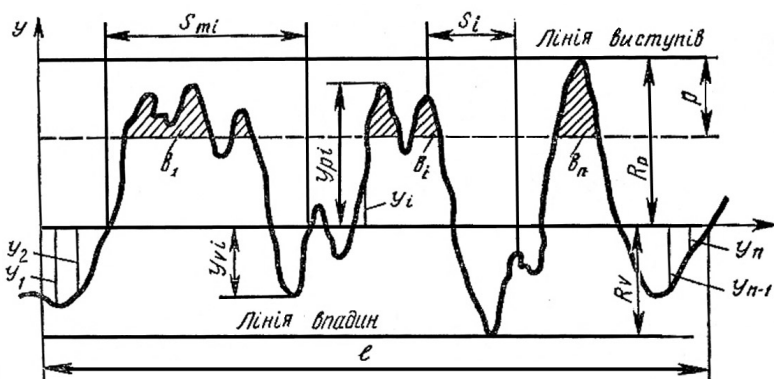
Критерієм їх розпізнавання може бути відношення кроку до висоти:

$$\begin{aligned} S_w / W_z < 40 & \text{ – шорсткість;} \\ 40 < S_w / W_z < 100 & \text{ – хвилястість;} \\ 1000 < S_w / W_z & \text{ – відхилення форми.} \end{aligned}$$

**Шорсткість поверхонь** – це сукупність нерівностей профілю поверхні з відносно малими кроками, що вирізнена, наприклад, за допомогою базової довжини. Згідно з ДСТУ 2413-94 передбачений ряд параметрів для кількісної оцінки шорсткості, причому відлік проводиться від єдиної бази, за яку прийнято середню лінію найменших квадратів профілю  $m$ .

**Середньою лінією профілю** називається базова лінія, яка має форму номінального профілю і поділяє дійсний профіль так, що в межах базової довжини сума квадратів відстаней  $y_1, y_2, \dots, y_n$  точок профілю до цієї лінії мінімальна (рис. 8.16).





**Рис. 8.16. Общупаний профіль для визначення параметрів шорсткості**

Відрізок поверхні, на якій визначається шорсткість, обмежується базовою довжиною. Базова довжина  $l$  – це довжина базової лінії, яка використовується для вирівнювання нерівностей, що характеризують шорсткість поверхні. Числове значення базової довжини вибирається із ряду, мм: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25. Чим більші розміри нерівностей, тим більшою повинна бути базова довжина.

Профілометри і профілографи вимірюють фактично **общупаний профіль**, тобто перетворений профіль, який є геометричним місцем положень центра сферичної вершини щупа під час огинання ним реального профілю (рис. 8.16).

Кількісно шорсткість поверхонь оцінюється такими основними параметрами:

$R_a$  – середньоарифметичний відхил профілю;

$R_z$  – висота нерівностей профілю по десяти точках;

$R_{max}$  – найбільша висота нерівностей профілю;

$S_m$  – середній крок нерівностей профілю;

$S$  – середній крок нерівностей місцевих виступів профілю по вершинах;

$t_p$  – відносна опорна довжина профілю (рис. 8.17);

$\eta_p$  – опорна довжина профілю;

**Середнім арифметичним відхилом профілю  $R_a$**  є середнє арифметичне абсолютних значень відхилів профілю в межах базової довжини

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad (8.25)$$

де  $n$  – кількість дискретних відхилів профілю;  
 $l$  – базова довжина.

**Висота нерівностей профілю по десяти точках  $R_z$**  – сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та глибини п'яти найбільших западин профілю в межах базової довжини

$$R_z = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 y_{p_i} + \sum_{i=1}^5 y_{v_i} \right), \quad (8.26)$$

де  $y_{p_i}, y_{v_i}$  – відповідно висота виступів і глибина западин.

**Найбільша висота нерівностей профілю  $R_{max}$**  – це відстань між лінією виступів профілю і лінією западин в межах базової довжини  $l$

$$R_{max} = R_p + R_v. \quad (8.27)$$

**Середній крок нерівностей  $S_m$**  – середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини. Визначається як відстань між однойменними сторонами сусідніх нерівностей

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{m_i}. \quad (8.28)$$

**Середній крок місцевих виступів профілю  $S$**  – середнє значення кроку місцевих виступів у межах базової довжини

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i. \quad (8.29)$$

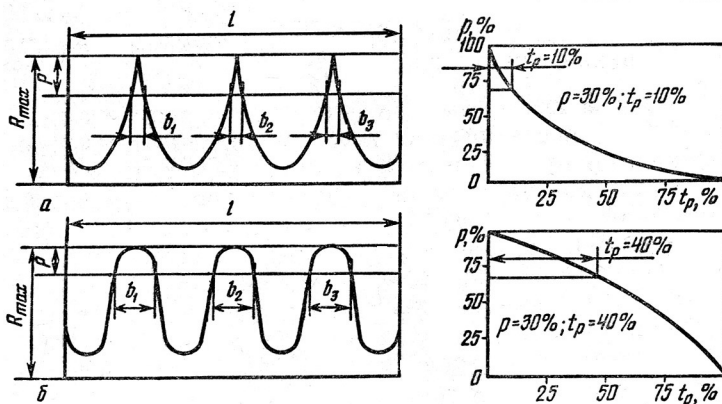
**Відносна опорна довжина профілю  $t_p$**  – відношення опорної довжини профілю до базової довжини

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} 100\% , \quad (8.30)$$

де  $\eta_p$  – сума довжин відрізків, що відсікаються на заданому рівні профілю деталі лінією, еквідистантною до середньої лінії в межах базової довжини

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i , \quad (8.31)$$

де  $n$  – число відрізків, що відтинаються, в межах базової довжини (рис. 8.17) .



**Рис. 8.17. Визначення відносин опорної довжини профілю:**  
а – грубе точіння, б – полірування

Відносна опорна довжина профілю  $t_p$  характеризує фактично опорну площу, від якої залежить стійкість проти спрацювання рухомих з'єднань, міцність пресових посадок, величина пластичної деформації поверхонь при їх контакті.

Опорна довжина профілю  $\eta_p$  визначається на рівні перерізу  $p$ , тобто на заданій відстані між лінією виступів і лінією, що перетинає профіль еквідистантно лінії виступів.

Рівень перерізу профілю відраховується від лінії виступів до найбільшої висоти нерівностей профілю  $R_{max}$  і дорівнює:

$$p = \frac{P}{R_{\max}} 100\% , \quad (8.32)$$

де  $P$  і  $R_{\max}$ , мкм.

Однозначного зв'язку між шорсткістю і допуском розміру немає.

Переважне використання для нормування висоти нерівностей параметра  $R_a$  пояснюється тим, що він наочніше, ніж  $R_z$  і  $R_{\max}$  відображає відхилення профілю, він найбільш зручний при вимірюванні профілометрами. Цим же параметром нормується шорсткість зразків порівняння (ГОСТ 9378-75). Проте для кожного допуску розмірів і форми можна встановити мінімальні вимоги до шорсткості поверхні у вигляді найбільш грубої межі допустимих значень параметрів шорсткості.

Залежно від допуску розміру і форми встановлено такі умови: при допуску форми 60% допуску розміру  $T_p$

$$R_a \leq 0,05T_p ,$$

при допуску форми 40% допуску розміру  $T_p$


$$R_a \leq 0,025\%T_p ,$$


при допуску форми 25% допуску розміру  $T_p$


$$R_a \leq 0,012T_p .$$

### 8.7. Позначення шорсткості поверхонь на кресленнях

На кресленнях шорсткість поверхонь позначається згідно з зміною №3 ГОСТ 2.309-73 ЕСКД, яка відповідає повністю стандарту ISO 1302:

 – вказують тільки граничні значення параметрів шорсткості і не вказують вид обробки;

 – крім параметрів шорсткості, вказують і вид обробки, наприклад, точіння, шліфування, хонінгування;

 – шорсткість поверхні зберігається в стані постачання і створюється без зняття шару матеріалу, наприклад, литвом, куванням, волочінням тощо.

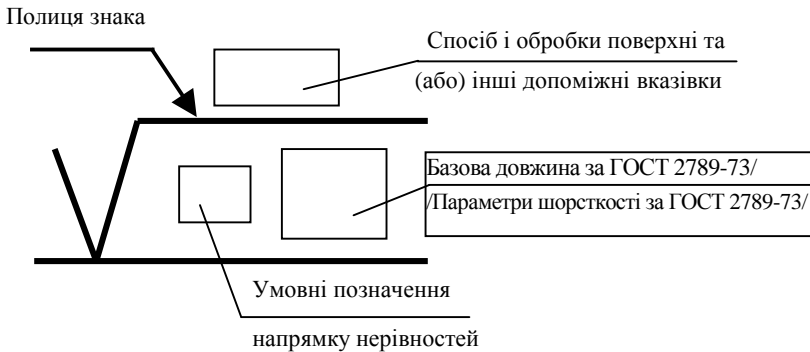
Значення параметрів шорсткості вказують під полицею літерними значеннями, а потім числовим значенням

$$\sqrt{Ra0,8}, \sqrt{Rz80}$$

Значення базової довжини  $l$  вказують після позначенням напрямку шорсткості.

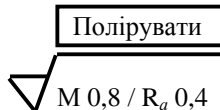
Якщо треба обмежити не тільки максимальне, а й мінімальне значення параметра, граничні значення розташовують один над одним: вище – максимальне, нижче – мінімальне.

Крім номінального значення параметра, можуть бути вказані граничні відхили у відсотках (рис. 8.18).



**Рис. 8.18. Позначення параметрів шорсткості згідно з змінами № 3 ГОСТ 2.309–73**

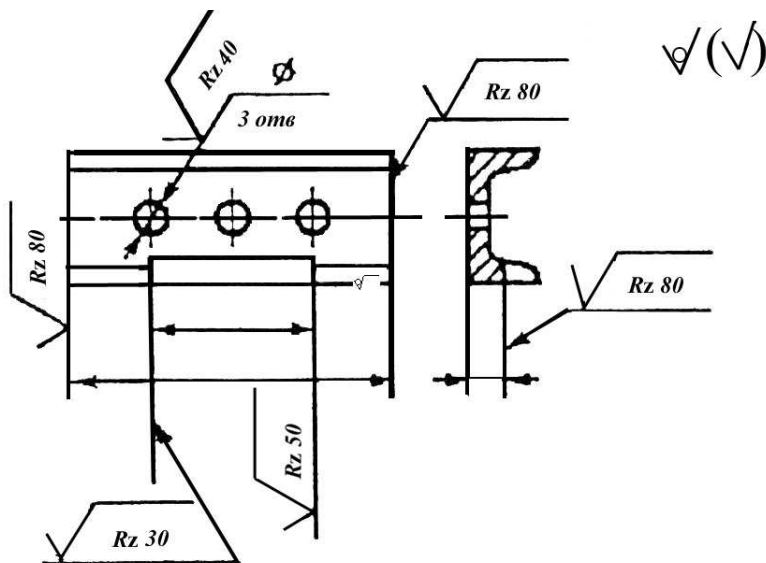
Допускається спрощене позначення шорсткості поверхні за допомогою малих літер російського алфавіту з роз'ясненням його в технічних умовах (рис. 8.19).



**Рис. 8.19. Приклад позначення параметрів шорсткості в технічних умовах**

На зображенні виробу позначення шорсткості поверхні розташовують на лініях контуру, виносних лініях (ближче до розмірної лінії) чи на полчках ліній – виносках, а при нестачі місця – на розмірних лініях чи їх продовженнях.

Переважаючу шорсткість вказують в правому верхньому куті, якщо є поверхні з іншою позначкою їх шорсткості, то ставлять ще знак шорсткості в дужках. Знак перед дужкою повинен бути в 1,5 разу більшим за розмір знака на деталі, а в дужках однакового розміру із знаком на деталі (рис. 8.20).



**Рис. 8.20. Приклад позначення шорсткості з кількісним значенням і без нього**

Якщо шорсткість однієї й тієї ж поверхні деталі на різних ділянках різна, то ці ділянки розділяють суцільною тонкою лінією.

Шорсткість поверхонь зубів коліс, евольвентних шліц, якщо на кресленнях не наводиться їх профіль, вказують на ділильному колі.

---

---

## 8.8. Вплив хвилястості і шорсткості на надійність і довговічність машин

Хвилястість і шорсткість значною мірою впливають на технічний ресурс рухомих і надійність нерухомих з'єднань внаслідок хвилястості і шорсткості. Фактична площа контакту в 3-5 разів менша за номінальну, що призводить до збільшення питомого тиску в точках контакту і руйнування масляного шару. Питомий тиск за цих умов досягає такого значення, при якому деформації нерівностей можуть переходити в пластичні, що сприяє згладжуванню нерівностей. Крім того, при розриві масляного шару і великих питомих навантаженнях відбувається схоплювання окремих нерівностей і відривання частинок металу. Ці процеси супроводжуються значним підвищенням температури, що в з'єднаннях типу колінчастий вал-вкладиш призводить до випалювання антифрикційного шару.

Якщо ж такого аварійного руйнування з'єднаних поверхонь немає, все одно спостерігається прискорене спрацювання поверхонь і значно збільшується зазор.

Цей процес триває доти, поки висота нерівностей не досягне відповідного стабільного значення. Таку шорсткість називають **оптимальною**. Вона характеризується певними висотою, кроком і формою нерівностей.

Якщо нерівності поверхні попередньо будуть менші за оптимальну шорсткість, то через відповідний проміжок часу, що дорівнює періоду припрацювання, висота нерівностей буде також близькою до оптимальної. Чим більше попередня шорсткість відрізняється від оптимальної, тим більше спрацюватиметься поверхня в період припрацювання, тим менше буде технічний ресурс з'єднання.

Треба врахувати, що хоча час роботи підшипника ковзання в період нормальної експлуатації набагато більший за час припрацювання, величина спрацювання в період припрацювання дорівнює чи в більшості випадків більша за спрацювання в період нормальної експлуатації. Тому з метою збільшення ресурсу з'єднання необхідно зменшувати до мінімуму спрацювання в період припрацювання. Цього можна досягти підбиранням навантажень матеріалів, що забезпечує на ділянках фактичного дотику упругі деформації, при цьому шорсткість поверхні повинна бути близькою до оптимальної.

Шорсткість поверхні впливає також на втомлювану міцність деталей, оскільки нерівності є концентраторами напружень. Тому

---

---

деталі, які працюють в умовах циклічності, а тим більше знакозмінних навантажень, не повинні мати грубо оброблених поверхонь з великими нерівностями.

Западни нерівностей є резервуарами, в яких нагромаджується вода чи інша рідина, тому поверхні з великими нерівностями більш пошкоджуються корозією.

У з'єднаннях з необхідною герметичністю велика висота нерівностей також шкідлива.

Хоч, як правило, чим менший допуск на обробку, тим менша висота нерівностей, прямої залежності між зменшенням допуску і висотою нерівностей немає.

Інколи при великих допусках на обробку призначають шорсткість з мінімальною висотою для надання декоративного вигляду поверхні чи з метою кращого захисту від корозії. В інших випадках при мінімальних допусках на обробку добиваються шорсткості з порівняно великими нерівностями, що дозволяє краще утримувати мастило (наприклад, поверхня поршня, напрямні верстатів, різні полозки тощо).

Шорсткість поверхні може значно змінюватись при зміні режимів різання, різального інструмента, охолодної рідини, виду обробки, тому цей фактор керований.

Під час виготовлення чи відновлення деталей рухомих з'єднань треба домогтися шорсткості, близької до оптимальної.

У нерухомих з'єднаннях шорсткість поверхонь деталей значно впливає на їх надійність.

Отже, що обґрунтування параметрів шорсткості поверхонь є важливим фактором підвищення надійності і довговічності з'єднань і машин в цілому.






### **Контрольні питання**

1. Що таке точність обробки?
2. Які основні причини виникнення неточності обробки?
3. Що таке перший початковий момент розсіювання?
4. Як визначається другий центральний момент розсіювання?
5. Що таке коефіцієнт ризику і чому він дорівнює?
6. Як визначається нормована функція Лапласа  $\Phi(t)$ ?
7. Чому дорівнює поле розсіювання?
8. Яка послідовність визначення ймовірного відсотка браку?
9. Як називаються одиничні і комплексні відхилення поверхонь?



- 
- 
10. Як називаються відхилення форми плоских поверхонь?
  11. Як впливають відхилення форми на надійність і ресурс з'єднання?
  12. Як можуть позначатися відхилення розташування на кресленнях?
  13. Що таке шорсткість поверхні і якими параметрами вона визначається?
  14. Які параметри шорсткості вказуються на кресленнях?
  15. Де і як вказується переважаюча шорсткість?

### Тести

1. Відхилення від циліндричності позначаються знаком:
  - а) 
  - б) 
  - в) 
2. Знаком  на кресленні позначаються відхилення від:
  - а) площинності
  - б) прямолінійності
  - в) симетричності
3. Знаком  на кресленні позначається
  - а) биття
  - б) непрямолінійність
  - в) неспіввісність
4. На кресленні вказаний параметр шорсткості  $\sqrt{Ra} 0,8$ , що позначає найбільшу величину:
  - а) середньоквадратичний відхил профілю
  - б) середньоарифметичний відхил профілю
  - в) висоту нерівностей
5. На кресленні вказаний параметр шорсткості  $\sqrt{Rz} 80$ , що позначає найбільшу величину:
  - а) висоту нерівностей
  - б) середньоарифметичний відхил профілю;
  - в) середньоквадратичний відхил профілю.

---

---

## 9. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАНЬ

### 9.1. Технічні вимірювання та контроль

**Метрологія** – наука про вимірювання. Шлях від незнання до знання, від неповного, неточного знання до більш повного, більш точного лежить через отримання кількісної інформації про об’єкти, що вивчаються. Отримують кількісну інформацію шляхом вимірювань.

**Вимірювання** – це порівняння вимірюваної величини з відомою, прийнятою за одиницю з використанням технічних пристроїв.

Вимірювання – невід’ємна частина процесу пізнання. “Наука починається с тех пор, как начинают измерять: точная наука немыслима без меры” – ці слова Д.І. Менделєєва особливо актуальні зараз, коли без вимірювань неможлива сучасна господарсько-економічна і суспільницька діяльність людини.

Результатом вимірювання є **розмір** – чисельна величина, що виражена у відповідних одиницях.

Розмір – є кількісною характеристикою вимірюваної величини, а якісною характеристикою її є **розмірність**.

**Отримання інформації про розмір** – це і є **вимірювання**.

**Контроль** – окремий випадок вимірювання, при якому встановлюють відповідність значень вимірюваної фізичної величини допустимим граничним значенням.

Технічні вимірювання є органічною частиною всього технологічного процесу. У машинобудуванні вони становлять 15% від загальної трудомісткості виготовлення виробів, в електроніці доля контрольних операцій сягає до 50%.

Стан вимірювальної техніки надає значний вплив на економіку виробництва машин та їх якість. Керування якістю передбачає наявність і правильне використання всіх необхідних засобів вимірювання і контролю.

### 9.2. Похибки вимірювання

На результат вимірювання (відлік) впливає множина факторів, які об’єднують у групи, серед яких найважливішими є:

- об’єкт вимірювання,
- суб’єкт вимірювання,
- спосіб вимірювання,

- 
- 
- засіб вимірювання,
  - умови вимірювання.

**Об'єкт вимірювання** повинен бути вивчений. Тобто, перед вимірюванням необхідно уявити собі модель об'єкта, що досліджується. Чим повніше модель відповідає вимірюваному об'єкту, тим точніше буде результат вимірювання.

Наприклад, при вимірюванні діаметра вала повинна бути впевненість, що він має циліндричну форму. Якщо такої впевненості немає, то треба перевірити вимірюванням відсутність овальності і конусоподібності.

**Суб'єкт** – людина, що здійснює вимірювання, вносить в результат вимірювання елемент суб'єктивізму. Зменшити вплив суб'єктивного фактору можна підвищивши кваліфікацію вимірювача, забезпечуючи його психофізичний стан, дотримуючись ергономічних вимог тощо. Тому до вимірювань допускаються особи, що пройшли спеціальну підготовку, що мають відповідні знання, вміння і практичні навички. Тобто, суб'єкт повинен бути навчений.

**Способи вимірювання** можуть давати цілком різні результати. Однак є певні способи, які можуть підвищити точність вимірювання, це способи заміщення, проти поставлення, компенсації фактору, що впливає по знаку, симетричних вимірювань та ін.

**Засоби вимірювання можуть** давати постійно завищені або постійно занижені показання, володіють інерційністю, можуть самі бути збуджуючими факторами. Ці особливості виявляються при їх атестації – всебічному метрологічному дослідженні засобу вимірювання, в процесі якого його показники порівнюються з показниками більш точного засобу вимірювання.

**Умови вимірювання** – температура, вологість, атмосферний тиск, тряска, вібрації та інші фактори, також впливають на результат вимірювання. Якщо ці фактори виключити неможливо, то застосовують вказані вище способи, щоб виключити або зменшити їх вплив і підвищити точність вимірювань.

Оскільки врахувати всю множину випадкових і невідповідних факторів неможливо, результат їх сумісного впливу непередбачуваний, і показники вимірювального приладу будуть відмінними від істинного розміру об'єкта вимірювання. Ці відхилення визначають похибки вимірювальних засобів.

Залежно від форми числового вираження розрізняють абсолютні та відносні похибки.

---

---

**Абсолютна похибка** вимірювального приладу  $\Delta_n$  – це різниця між показниками приладу та істинним (дійсним) значенням вимірюваної величини. Дійсне значення звичайно встановлюють шляхом вимірювання зразковим приладом

$$\Delta_n = x_n + x_d, \quad (9.1)$$

де  $x_n$  – показники приладу;  
 $x_d$  – дійсне значення вимірюваної величини.

**Відносна похибка** вимірювального приладу  $\delta_n$  – це відношення абсолютної похибки вимірювального приладу до істинного (дійсного) значення вимірюваної величини. Відносна похибка засобу вимірювання виражається у відсотках

$$\delta_n = \pm \frac{\Delta_n}{x_n} \cdot 100\% . \quad (9.2)$$

Залежно від характеру прояву, можливостей усунення та причин виникнення розрізняють систематичну і випадкову похибки.

Оскільки величину і знак випадкової похибки передбачити неможливо її величина враховується за використанням методів теорії ймовірностей і **математичної статистики**.

### 9.3. Основний постулат метрології

Будь-яке вимірювання передбачає порівняння невідомого розміру з відомим. Отже, вимірювання можна виразити відношенням

$$\frac{Q}{[Q]}$$

де  $Q$  – вимірювана величина;  
 $[Q]$  – **величина, прийнята за одиницю**.

Але рідкі або сипучі речовини зважують у тарі, в таких випадках вимірювання виражають відношенням

$$\frac{Q + v}{[Q]},$$

де  $v$  – маса тари.

---

---

Саме вимірювання відбувається під впливом множини випадкових та не випадкових факторів, точне врахування яких неможливе. Якщо ці спільні впливи врахувати випадковим доданком  $\eta$ , то рівняння матиме **вигляд** воно відображає процедуру порівняння в реальних умовах

$$\frac{Q+v}{[Q]} + \eta = x. \quad (9.3)$$

Через випадковий характер величини  $\eta$  при повторенні вимірювань відлік виходить різним. Це – закон природи. На підставі величезного досвіду практичних вимірювань може бути сформульоване твердження, що називається основним постулатом метрології: відлік є випадковим числом [12]. Цей постулат є основою всієї метрології.

Рівняння (9.3) є математичною моделлю вимірювання за шкалою відношень. Відлік в ній не може бути представлений одним числом, його можливо представити тільки масивом експериментальних даних: таблицею, гістограмою, полігоном розсіювання.

**Гістограма і полігон** є “емпіричним описом відліку”. Із експериментальних даних методами математичної статистики можна отримати модель емпіричних законів розподілення. Після вимірювання в рівнянні (9.3) залишаються два невідомих. Невипадкове  $v$  повинно бути відоме до вимірювання або встановлюється за допомогою додаткових досліджень.

Доданок  $\eta$ , що є випадковим, не може бути відомим у принципі. Тому визначити істинне значення вимірюваної величини неможливо на практиці задовольняються наближеним рішенням

$$Q = x[Q] - \eta[Q] - v. \quad (9.4)$$

#### 9.4. Точність і достовірність вимірювань

Оскільки істинне значення вимірюваної величини залишається невідомим, необхідно визначити достовірність, або ступінь довіри отриманому результату вимірювання. Для цього задаються довірчим інтервалом, який є мірою невизначеності і оцінюється ймовірністю того, що вимірювана величина знаходиться у межах цього інтервалу, тобто від  $x-t\delta$  до  $x+t\delta$

$$P(x - t\sigma \leq x \leq x + t\sigma) = 2\Phi(t). \quad (9.5)$$

**Це основне рівняння вимірювання.**

Тепер можна дати основні визначення точності вимірювань.

**Точність вимірювання** – це ширина інтервалу, в якому знаходиться значення вимірюваної величини з прийнятою довірчою ймовірністю. Вираз у дужках (у лівій частині рівняння) – це точність вимірювання. Права частина рівняння – це **достовірність вимірювання**, що характеризується прийнятою довірчою ймовірністю.

Ймовірність при різних довірчих інтервалах, вирахована через нормовану функцію Лапласа наведено в табл. 9.

**Таблиця 9. Ймовірність при різних довірчих інтервалах**

Ширина довірчого інтервалу	Ймовірність $P$	Відсотки
$\pm 1\delta$	0,685	68,5
$\pm 2\delta$	0,95	95,0
$\pm 2,6\delta$	0,99	99,0
$\pm 3\delta$	0,9973	99,73

Ймовірність 0,9973 вважається достатньою для будь-яких видів вимірювань. На виробництві часто обмежуються довірчим інтервалом величиною  $\pm 2\delta$ , тобто довірчою ймовірністю 0,95.

### **9.5. Вибір універсальних засобів і методів вимірювання**

Для універсальних засобів вимірювання лінійних величин основною характеристикою є гранична похибка засобу вимірювання  $\Delta_{lim}$ .

$$\Delta_{lim} = \pm 3\delta. \quad (9.6)$$

За цією величиною здійснюється вибір універсальних засобів вимірювання необхідної точності.

Якщо при багатократному вимірюванні однієї і тієї ж величини постійного розміру сумнівне значення результату вимірювання відрізняється від середнього значення більше, ніж на  $\Delta_{lim}$ , то з ймовірністю 0,9973 воно є помилковим і його слід відкинути. Така похибка вимірювання називається грубою помилкою.

$$\Delta_{zp} > 3\delta. \quad (9.7)$$

---

---

На практиці переважна більшість вимірювань проводиться однократно. Це вимірювання на виробництві, в торгівлі, в побуті. Але так як результат вимірювання є випадковим числом, отримане при одноразовому вимірюванні значення розміру не має сенсу, якщо не вказати меж, в яких знаходиться вимірювана величина.

Виходячи з цього, необхідно знати, що раніше чим проводити однократні вимірювання необхідно володіти апіорною інформацією.

Стосовно вимірювань лінійних і кутових розмірів ця інформація повинна містити знання величини допустимої похибки  $\delta$  і знання величини граничної похибки засобу вимірювання  $\Delta lim$ . Якщо гранична похибка засобу вимірювання буде меншою (або дорівнювати) допустимій похибці, то однократне вимірювання забезпечить необхідну (з довірчою ймовірністю 0,9973) точність вимірювання і взаємозамінність при складанні. Тобто, умова вибору універсального засобу вимірювання записується

$$\Delta lim \leq \delta \quad (9.8)$$

Допустимою називається похибка засобу вимірювання, яка при контролі забезпечує взаємозамінність при складанні і для конкретного розміру і допуску на нього регламентується стандартом.

Результат однократного вимірювання можна записати рівнянням

$$D = D_e \pm \Delta lim, \quad (9.9)$$

де  $D_e$  – дійсний розмір, отриманий вимірюванням з довірчою ймовірністю  $P=0,9973$ .

При вимірюванні ніхто не застрахований від помилок, і єдине значення при однократному вимірюванні може виявитися помилковим. Тому однократне вимірювання у відповідальних випадках рекомендується повторити два-три рази без сумісної математичної обробки отриманих результатів.

Приклад. На шліфувальному верстаті оброблюється партія валів  $\varnothing 45 - 0,025$  мм. Необхідно вибрати універсальний засіб вимірювання достатньої точності, щоб обмежитися однократним вимірюванням.

Яку апіорну інформацію ми маємо?

Вал має циліндричну форму, номінальний діаметр 45 мм, допуск на обробку  $IT = 25$  мкм. За таблицею стандарту залежно від діаметра і величини допуску на обробку знаходимо величину допустимої

---

---

похибки  $\delta = 7$  мкм. Обираємо мікрометр важільний, у якого  $\Delta lim = 6$  мкм.

У процесі обробки першого вала перевіряємо чи немає овальності або конусоподібності поверхні. Якщо верстат забезпечує точність форми, при обробці інших деталей партії можна обмежитися однократним вимірюванням.

Багатократні вимірювання одного й того ж об'єкта здійснюють, щоб підвищити точність вимірювань, якщо немає можливості застосувати засіб вимірювання більшої точності.

Цим методом широко користуються в наукових дослідженнях, де мінімальною вважається трикратна повторність. Теорія ймовірностей доказує, що похибка багатократного вимірювання зменшується в  $\sqrt{N}$  разів, де  $N$  – число вимірювань.

Результат багатократного вимірювання записується так:

$$D = \bar{D} \pm \frac{\Delta lim}{\sqrt{N}}, \quad (9.10)$$

де  $\bar{D}$  – середнє арифметичне значення результатів вимірювань.

Необхідність використання декількох інструментів для визначення одного розміру або декількох вимірювань тим самим інструментом при непрямих вимірюваннях, потребують підсумовування похибок з метою оцінки точності отриманого результату.

При визначенні методу вимірювання систематичні похибки підсумовуються алгебраїчно із своїми знаками, якщо вони постійні. Якщо вони перемінні, то підсумовуються максимальні значення за їх знаком. Випадкові похибки підсумовуються геометрично за законом складання випадкових незалежних подій.

**Сумарна похибка методу вимірювання** за наявності систематичних і випадкових похибок визначаються за формулою

$$\Delta lim_{методу} = \sum \Delta i_{сист} \pm \sqrt{\Delta lim_1^2 + \Delta lim_2^2 + \dots + \Delta lim_n^2}, \quad (9.11)$$

де  $\sum \Delta i_{сист}$  – алгебраїчна сума систематичних похибок окремих вимірювань;

$\Delta lim_1, \Delta lim_2$  – граничні випадкові похибки окремого вимірювання.

Знак у квадратичній суми повинен бути однаковим із знаком суми систематичних похибок, що дозволить визначити найбільше значення сумарної граничної похибки методу вимірювання.



---

---

**Приклад.** Необхідно виміряти відстань між осями отворів різного діаметру. Використовується непрямий метод вимірювання, при якому штангенциркулем вимірюються діаметри одного і другого отвору, а потім відстань від краю одного отвору до краю другого отвору. Тоді розмір, що визначається ( $X$ ) знаходиться за формулою

$$X = l + \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2},$$

де  $d_1$  – діаметр першого отвору;

$d_2$  – діаметр другого отвору;

$l$  – відстань між краями отворів.

Похибка методу вимірювання у цьому випадку може бути знайдена за формулою

$$\Delta \lim_x = \sqrt{\Delta \lim_l^2 + \left(\frac{\Delta \lim_{d_1}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \lim_{d_2}}{2}\right)^2},$$

оскільки використовувався штангенциркуль, що пройшов атестацію, отже, вважаємо, що систематичні похибки дорівнюють нулю.

## 9.6. Класифікація методів і засобів вимірювання

**Одиниці вимірювання.** Вимірювання в машинобудуванні і ремонті охоплює головним чином геометричні параметри – лінійні, діаметральні та кутові розміри, форму, шорсткість поверхонь.

В Україні з 1963 р. введена для переважного застосування Міжнародна система одиниць вимірювання (ГОСТ 9807-61) – Система СІ (SI).

У системі СІ за одиницю довжини прийнятий метр – довжина, що дорівнює 1650763,3 довжини хвилі у вакуумі вимірювання, що відповідає оранжевій лінії спектра Криптону 8v.

За кутову одиницю прийнятий градус, що дорівнює 1/360 частині кола.

**1. Методи вимірювання** – це сукупність прийомів, використання принципів і засобів вимірювання. Існує кілька методів вимірювання. По співвідношенню показання приладу і значення вимірюваного розміру розрізняють **абсолютний і відносний** методи.

---

---

**Абсолютний** – це метод вимірювання, при якому по шкалі відразу зчитують абсолютне значення вимірюваного розміру, наприклад, вимір штангенциркулем, мікрометром.

**Відносний** – метод, при якому визначають тільки відхилення значення вимірюваної величини від установленної чи міри зразка, а потім обчислюють абсолютне значення вимірюваної величини. Наприклад, вимір розміру деталі індикатором зі стійкою після його настроювання по кінцевих мірах довжини.

За визначенням шуканої величини вимірюваного об'єкта розрізняють прямий і непрямий методи.

**Прямий** – це метод, при якому значення вимірюваної величини встановлюють безпосередньо за показанням приладу, наприклад, вимір діаметра деталі

**Посередній метод** – визначення значення шуканої величини за результатами вимірів інших величин. Наприклад, довжину окружності простіше визначити, вимірявши діаметр і через нього обчислити довжину окружності.

За наявністю контакту з вимірюваною деталлю розрізняють контактний і безконтактний методи.

**Контактне вимірювання** забезпечується безпосереднім доти-ком вимірювальних поверхонь приладу або інструменту до поверхні деталі.

При **безконтактному вимірюванні** відсутній контакт вимірювальних поверхонь приладу або інструмента і деталі.

За кількістю елементів, що перевіряються, розрізняють диференційований і комплексний методи.

**Диференційоване (по елементне) вимірювання** характеризується незалежним вимірюванням кожного параметру (наприклад, вимірювання власне середнього діаметра, кроку і кута профілю різні тощо).

**Комплексне вимірювання** дозволяє оцінювати придатність усіх параметрів виробу (наприклад, вимірювання чи контроль граничними калібрами, різбових шліцьових поверхонь тощо).

## **2. Засоби вимірювання.**

**Засоби технічних вимірювань** класифікуються як:

- еталони одиниць фізичних величин;
- міри;
- калібри;
- універсальні засоби вимірювань;
- засоби вимірювання спеціального призначення.

---

---

**Еталони одиниць фізичних величин** – засіб, офіційно затверджений еталоном для відтворення одиниць з найвищою довжиною точності (еталон довжини, кута, часу тощо).

**Міри** – засіб, призначений для відтворення фізичних величин заданого розміру:

- однозначні міри (наприклад, кінцеві міри довжини, кутові міри тощо);
- багатозначні міри (наприклад, рулетки, штрихові міри, масштабні лінійки тощо).

**Калібри** – безшкальний вимірювальний інструмент, призначений для перевірки відхилень від заданих розмірів форми або взаємного розміщення поверхонь чи осей.

**Універсальні засоби вимірювання** служать для вимірювання в різних галузях техніки. Поділяються за принципом дії і за конструктивними ознаками на групи: прості засоби вимірювання; інструмент штриховий розсувний (штангенінструмент); мікрометричний: механічний (прилади); оптико-механічний (прилади); оптичний (прилади); інтерференційний (прилади); пневматичний; електричний; фотоелектричний; лазерний тощо.

**Засоби вимірювання спеціального призначення** (інструмент або прилади) служать для вимірювання у певних галузях техніки і мають обмежене застосування, а саме: форм і взаємного розташування поверхонь; шорсткості і хвилястості поверхонь; різьби; конусів і кутів; зубчастих коліс; деталей шпонкових і шліцьових з'єднань тощо.

## 9.7. Метрологічні показники засобів вимірювання

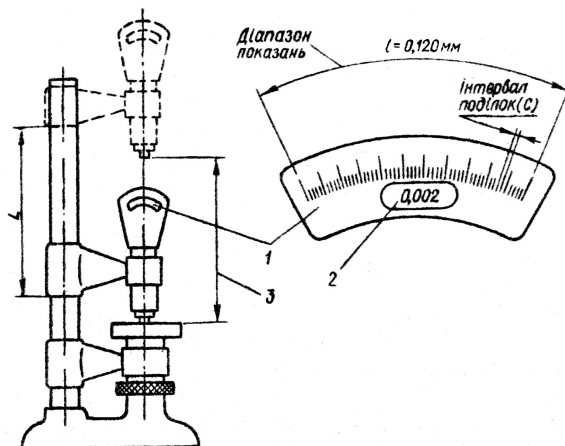
Метрологічними показниками засобів вимірювання є їх характеристики, які свідчать про придатність цих засобів до вимірювання у відомому інтервалі (діапазоні) з відомою точністю.

Основні метрологічні показники засобів вимірювання.

**Інтервал поділок шкали** – відстань між осями сусідніх позначок шкали (рис. 9.1)

**Ціна поділки шкали** – значення вимірювальної величини, що відповідає одній поділці шкали.

**Діапазон вимірювань приладу в цілому** – значення вимірюваної величини, для яких нормовані допустимі похибки засобів вимірювання.



**Рис. 9.1. Метрологічні показники приладу:**  
 1 – шкала; 2 – ціна поділки (i);  
 3 – межі вимірювання приладу в цілому (L+l)

**Межа вимірювання** – найбільше і найменше значення величин, які можуть вимірюватись приладом (інструментом).

**Зусилля вимірювання** – сила дії вимірювального наконечника на поверхню вимірюваної деталі в зоні контакту.

**Точність засобів вимірювання** – якість засобів вимірювання, що характеризує наближення до нуля їх похибок.

**Точність вимірювання** – якість результатів вимірювання, що відображає наближення до нуля похибок їх результатів.

**Чутливість вимірювального приладу** – відношення зміни сигналу на виході вимірювального засобу до зміни вимірюваної величини.

**Поріг чутливості** – найменше переміщення вимірювального стрижня, здатне спричинити зміну в показаннях приладу.

**Поправка** – величина, яку слід алгебраїчно додавати до показання вимірювального приладу, з метою виключення його систематичних похибок.

**Клас точності** – це узагальнююча характеристика засобів вимірювань, що визначається межами допустимих похибок, а також іншими властивостями, які впливають на їх точність, значення яких встановлюють стандартами на окремі види засобів вимірювань.

---

---

## Контрольні питання

1. Що таке вимірювання?
2. Що таке контроль?
3. Що є кількісною характеристикою вимірюваної величини і що – якісною?
4. Що таке абсолютна і відносна похибки вимірювання?
5. Які групи факторів впливають на появу похибок?
6. Як формулюється основний постулат метрології?
7. Як записується математична модель вимірювання?
8. В якому вигляді може бути представлений масив експериментальних даних?
9. Що таке точність вимірювання?
10. Чим характеризується достовірність вимірювання?
11. Чому дорівнює гранична похибка засобу вимірювання?
12. Що таке допустима похибка?
13. Як записується умова вибору універсального засобу вимірювання?
14. Як записується результат однократного вимірювання?
15. Як записується результат багаторазового вимірювання?
16. Чому дорівнює похибка методу вимірювання?
17. Чим відрізняється абсолютний метод вимірювання від відносного? Наведіть приклади.
18. Чим відрізняється прямий метод вимірювання від непрямого?

## 10. МЕТОДИ І УНІВЕРСАЛЬНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ

### 10.1. Міри довжини

**Плоскопаралельні кінцеві міри довжини** є вихідними вимірювальними засобами в машинобудуванні і ремонтному виробництві. Плитки застосовують для перевірки і встановлення вимірювальних приладів та інструмента, для розмічування точних виробів, налагодження верстатів і приладів, а також для безпосереднього вимірювання.

Кінцеві міри виготовляють у вигляді прямокутних паралелепіпедів з двома старанно доведеними площинами, що обмежують розмір плитки. Дійсним розміром кінцевої міри довжини є

---

---

максимальна довжина, перпендикуляра, опущеного на поверхню мірної плитки, до якої притерта плитка.

Притирання кінцевих мір обумовлене молекулярним притягуванням поверхонь, дуже малої шорсткості і незначним відхиленням від плоскопаралельності за наявності тонкого шару мастила (при звичайному промиванні мір в бензині товщина масляної плівки на поверхні становить приблизно 0,02 мкм). Завдяки властивості кінцевих мір притиратися є можливість скласти з окремих мір блоки необхідних розмірів.

За точністю виготовлення кінцеві міри довжини випускаються шістьох основних класів: 00; 01; 0;1;2 і 3. Клас точності кінцевих мір визначається допустимим відхиленням дійсної величини від номінальної, плоскопаралельності вимірвальних поверхонь, а також якістю притирання.

Клас набору мір визначається нижчим класом окремої міри, що входить до набору.

Для кінцевих мір, що знаходяться в експлуатації, встановлені додаткові класи 4 і 5.

На спеціальне замовлення можуть бути виготовлені більш точні кінцеві міри довжини класу 00, які використовуються центрами метрології як зразкові.

Залежно від похибки, допущеної при атестації мір (за точністю визначення відхилень довжини і відхилень від плоскопаралельності), встановлені розряди мір:1; 2; 3; 4 і 5. Для кожного із розрядів визначені методи і засоби вимірювання. Міри 1-го розряду мають найменшу похибку.

Під час використання кінцевих мір по класах за дійсний приймається номінальний розмір. При цьому допускається похибка, що дорівнює сумі відхилень довжини, використаних у блоці мір. У такому випадку суттєво спрощуються розрахунки.

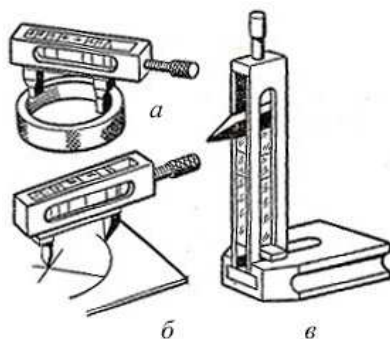
При використанні кінцевих мір по розрядах за розмір приймається її дійсне значення, вказане в атестаті. У цьому випадку до похибки вимірювань входять не похибки виготовлення, а похибки вимірювання довжини мір. Застосування мір по розрядах дозволяє підвищити точність вимірювань у 2-4 рази, але ускладнює розрахунки в зв'язку з необхідністю врахування дійсних розмірів усіх мір.

Промисловість випускає різні набори кінцевих мір довжини від 4 до 112 шт.

З метою зменшення спрацювання до набору додаються захисні міри, що встановлюються по кінцях блоків. Захисні міри притираються

до основних тільки одним боком. Для розпізнавання вони мають з одного краю зрізані чи закруглені кути і особливе маркування.

Для більш широкого використання кінцевих мір до них випускаються набори приладів, до яких входять державки для кріплення кінцевих мір і блоків мір для вимірювання і розмічування (рис. 10.1).



**Рис. 10.1. Пристрої плоскопаралельних кінцевих мір довжини:**  
а – струбцина з боковинами для контролю діаметра отвору; б – центр та рисувалка для точного розмічування; в – рисувалка з плитками, встановлені на основі для просторового розмічування на плиті

**Розрахунок кінцевих мір.** Приступаючи до роботи з кінцевими мірами довжини, слід попередньо визначити, які міри необхідні для даного блока. Кількість мір у блоці повинна бути мінімальною, тому що похибка блока складається із похибок окремих мір. Складати блок більше як із п'яти мір не рекомендується.

Розраховуючи розміри кінцевих плоскопаралельних мір довжини для складання їх в блоки, необхідно враховувати наявні в наборі розміри кінцевих мір.

Першою береться та міра, яка збігається однією чи кількома останніми цифрами з розміром, що складається. Потім із розміру блока відраховують розмір обраної міри і береться наступна міра, яка збігається з кількома чи однією останньою цифрою із залишком.

При цьому треба звертати увагу на такі обставини: краще другу міру взяти такою, щоб в десяти частках міліметра залишалась цифра 5 чи 0. Це дозволяє складати блок з меншою кількістю мір.

**Приклад.** Треба скласти блок кінцевих мір для розміру 39,98мм. Його можна скласти двома варіантами.

<b>Варіант 1. 39,98</b>	<b>Варіант 2. 39,98</b>
$\frac{-1,08 \text{ (1-ша плитка)}}{\text{залишок } 38,9}$	$\frac{-1,48 \text{ (1-а плитка)}}{\text{залишок } 38,5}$
$\frac{-1,9 \text{ (2-га плитка)}}{\text{залишок } 37}$	$\frac{-8,5 \text{ (2-а плитка)}}{\text{залишок } 30,0 \text{ ( 3-тя плитка)}}$
$\frac{-7 \text{ (3-тя плитка)}}{\text{залишок } 30}$	$\frac{\text{Всього 3 плитки: } 1,48; 8,5; 30}{}$
$\frac{-30 \text{ (4-га плитка)}}{\text{залишок } 30}$	$\frac{\text{Всього 4 плитки: } 1,08; 1,9; 7; 30}{}$

Таким чином, переважним є варіант 2, де кількість плиток менша.

**Щупи** – це сталні калібровані платини – різновид кінцевих мір. Призначені вони для перевірки зазорів між деталями (поршень і циліндр, клапан і коромисло тощо). Крім того, щупи застосовують разом з різними приладами для контролю правильності і взаємного розміщення частин деталей. Широко застосовують щупи при контролі плоских з’єднань (шпонкових і шліцьових з’єднань, з’єднань кілець з канавками поршня тощо).

Щупи випускають наборами від 1 до 4, довжиною 50,100 і 200 мм і товщиною від 0,02 до 1 мм.

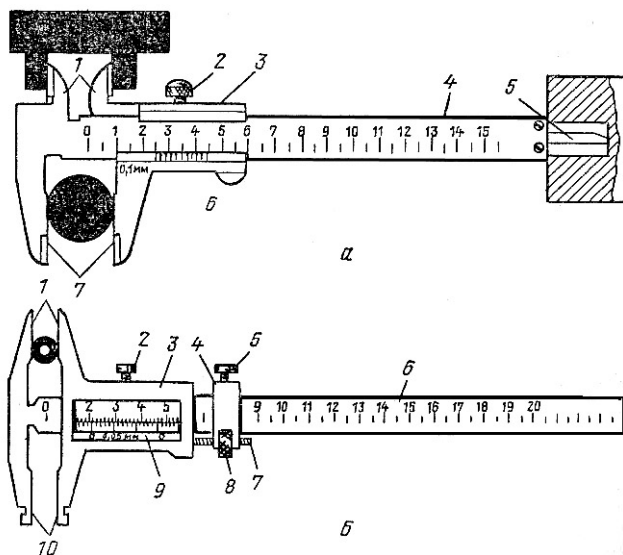
Для одержання потрібного розміру підбирають кілька щупів так, щоб їх загальна товщина дорівнювала необхідному розміру. Точність щупів значно нижча за точність мірних плиток. У поєднанні з лінійкою щупами можна визначити прямолінійність, а з косинцем – перпендикулярність.

## 10.2. Штангенінструмент

Штангенінструмент є універсальним вимірювальним засобом, що застосовують на машинобудівних і ремонтних підприємствах. Його використовують для вимірювань розмірів невисокої точності, для розмічування деталей та інших робіт. До них належать штангенциркуль, штангенглибиномір і штангенрейсмус.



У штангенінструменті відліковий пристрій – лінійний ноніус чи додаткова шкала, яка дозволяє відрхувати дрібні частки поділок основної шкали (рис. 10.2).



**Рис. 10.2. Штангенциркулі:**  
а – простий; б – удосконалений

Ноніуси виготовляють з ціною поділки (величиною відліку за ноніусом) 0,1; 0,05 мм.

*Принцип побудови ноніуса.* На допоміжній шкалі відкладається відрізок, що дорівнює цілому числу поділок основної шкали.

Число поділок на цьому відрізку береться на одне більше, як на основній шкалі, тобто:

$$c(n-1) = bn;$$

$$i = c - b,$$

де  $c$  – ціна поділки основної шкали;  
 $b$  – інтервал ділення шкали ноніуса;  
 $i$  – точність відліку.

---

---

Підставляючи значення  $b$  з другого рівняння одержимо

$$c(n - i) = c(n - i) \cdot n;$$

тоді 
$$i = \frac{c}{n}. \quad (10.1)$$

Для зручності відліку шкалу ноніуса, як правило, виготовляють розтягнутою, чи модульною, тобто ділення шкали ноніуса приймають не приблизно рівним діленню основної шкали, а в  $\gamma$  разів більше. Величина  $\gamma$  називається модулем шкали. У цьому випадку

$$c(\gamma \cdot n - 1) = bn;$$
$$i = \gamma \cdot c - b.$$

Підставляючи значення  $b$  з другого рівняння у перше, одержимо

$$c(\gamma \cdot n - 1) = (c \cdot \gamma - i) \cdot n;$$

і знову 
$$i = \frac{c}{n}.$$

Із цього видно, що точність відліку  $i$  не залежить від модуля, а в будь-якому випадку залежить від ціни поділки основної шкали  $c$  і числа поділок  $n$  ноніуса.

Конструктивно штангенциркулі розрізняють за межами вимірювання, формою вимірювальних губок і рухомої рамки, а також точністю вимірювання. Губки для вимірювання внутрішніх розмірів можуть бути двох варіантів. У штангенциркулях ШЦ-1 вони мають ножову форму (рис. 10.2), внаслідок чого зразу одержуємо вимірювальний розмір, у ШЦ-II і ШЦ-III губки ступінчасті і мають відповідний сумарний розмір, який треба додавати до відрахованого розміру при вимірюванні отворів (рис. 10.2 б).

Для розмітки кінці вимірювальних губок штангенциркулів ШЦ-II загострені.

Перед вимірюванням слід перевірити нульове положення. Для цього зсовують вимірювальні губки штангенциркуля до їх зіткнення і переконуються у відсутності зазору та збігання нульових штрихів основної шкали і шкали ноніуса.

Принцип користування ноніусом зрозумілий з рис. 10.3, на якому зображено приклади відліку. Десять поділок ноніуса відповідають дев'яти поділкам основної шкали. Отже, інтервал поділок складає 0,9 мм. При щільно зімкнених губках штангенциркуля нульовий штрих ноніуса співпадає з нульовим штрихом основної шкали. Якщо рамку зсунути вправо на 0,1мм, то з рискою основної шкали співпадає перший штрих ноніуса, на 0,2 мм – друга риска

ноніуса, на 0,3 мм – третій тощо. На рисунку в першому прикладі з основною шкалою співпадає четвертий штрих ноніуса (розмір 3,4 мм), у другому прикладі – сьомий (2,7 мм).

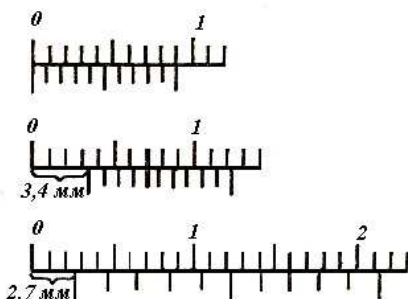


Рис. 10.3. Приклади відліків по ноніусу

Цілу кількість міліметрів знаходять по основній шкалі, а доли міліметра – ноніусу.

Якщо, зберігши кількість поділок ноніуса, збільшити інтервал його поділок до 1,9 мм, принцип визначення розміру не зміниться, а користуватися ноніусом буде зручніше. Такі розтягнуті (модульні) ноніуси широко застосовують у штангенінструментах, в частості в простішому штангенциркуля з точністю відліку 0,1 мм (рис. 10.2 а).

Більш досконалий і точніший штангенциркуль (рис. 10.2б) з пристосуванням для мікрометричної подачі рамки з рухомими губками, котре складається з движка 4 з стопорним гвинтом 5, гайкою 8 і гвинта 7 мікрометричної подачі, пов'язаної з рухомою рамкою 3. Відпустивши стопорний гвинт рамки 2 і закріпивши стопорний гвинт 5 движка, можна обертаючи гайку 8, помірно пересувати рамку 3 відносно штанги 6.

Вимірювання деталей штангенциркулем виконують у такій послідовності:

- ✓ звільняють затискні гвинти рухомої вимірювальної губки і мікрометричної подачі (у штангенциркулів ШЦ-I пристрою мікрометричної подачі немає);
- ✓ притискають нерухому губку до поверхні виробу і переміщують з рухомою губкою до зіткнення з виробом;
- ✓ закріплюють хомутик стопорним гвинтом і, обертаючи гайку мікрометричної подачі по гвинту, створюють щільне зіткнення між губками і поверхнею деталі;

- ✓ зафіксуюють рухомі вимірювальні губки стопорним гвинтом;
- ✓ знімають штангенциркуль з деталі;
- ✓ виконують відлік вимірювальної величини (цілих поділок по основній шкалі на штанзі і дробової частини поділки по шкалі ноніуса).

Порядок вимірювання штангенциркулями внутрішніх розмірів такий же, як і при вимірюванні зовнішніх, лише до відліку по шкалі треба додати сумарну товщину двох губок, розмір яких вказаний на них (крім штангенциркулів ШЦ-I).

**Штангенглибиномір** – призначений для вимірювання глибин і висот деталей, перевірки заглиблення одних деталей щодо інших та ін. (рис. 10.4).

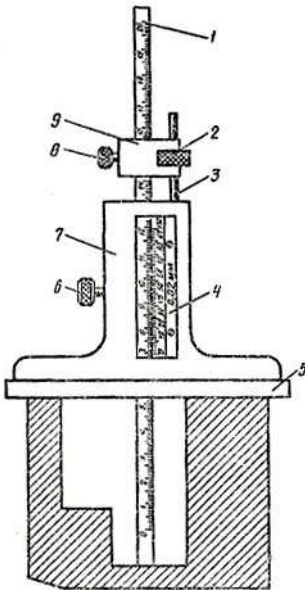


Рис. 10.4. Штангенглибиномір

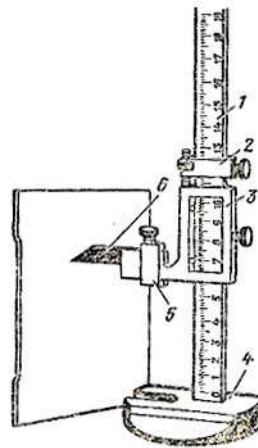


Рис. 10.5. Штангенрейсмус

---

---

Перед вимірюванням поверхню траверси штангенглибиноміра встановлюють на гладку перевірочну плиту. Штангу разом з траверсою притискають до поверхні плити і переконаються у збіганні нульових штрихів (основної шкали і шкали ноніуса) інструмента.

Вимірювання виконують у такій послідовності:

- основу (траверсу) штангенглибиноміра встановлюють на одну із поверхонь деталі і прижимають її;
- при звільненні стопорних гвинтів б основи і хомутика 81, штангу опускають до зіткнення з другою поверхнею деталі, так щоб основа не рухалась;
- закріплюють стопорним гвинтом б штангу;
- знімають інструмент з деталі;
- відлічують вимірянну величину по основній шкалі штанги і шкали ноніуса.

**Штангенрейсмус** застосовують для розмітки і вимірювання висоти деталей на повір очній плиті, а також радіуса кривошипа колінчастих валів при дефектації в ремонтному виробництві (рис. 10.5).

Перед вимірюванням перевіряють штангенрейсмус. При цьому встановлюють його основою на повірочну плиту, а під вимірювальну ніжку б встановлюють кінцеву міру довжини, розмір якої повинен дорівнювати або бути більшим за нижню межу вимірювання основної шкали штанги.

Порядок вимірювання штангенрейсмусом (на прикладі визначення радіусів кривошипів колінчастих валів) такий:

- колінчастий вал укладається на повірочній плиті на призмах (або в центрах), штангенрейсмус основою встановлюється на плиту;
- колінчастий вал повертаємо в призмах, так щоб вимірювана шатунна шийка зайняла вертикальне положення;
- зверху до шатунної шийки підводять вимірювальну ніжку штангенрейсмуса так, щоб між робочою поверхнею і твірної шатунної шийки утворився зазор 0,2-0,3 мм і закріплюють хомутик стопорним гвинтом;
- повертаючи вал на невеликий кут в один та інший бік і одночасно повертаючи гайку мікрометричної подачі, домагаються зіткнення вимірювальної ніжки з поверхнею деталі;
- закріплюють рамку ноніуса стопорним гвинтом і в цьому положенні відлічують вимірювану величину по основній шкалі і шкалі ноніуса (розмір А);

□ повертають колінчастий вал на  $180^\circ$  в крайнє нижнє положення і, виконуючи пункти в, г, д, відлічують (розмір В).

Радіус кривошипа визначають за формулою

$$r = \frac{A - B}{2} \text{ мм.} \quad (10.2)$$

### 10.3. Мікрометричний інструмент

До мікрометричного інструмента належать мікрометр, мікрометричний нутромір, мікрометричний глибиномір. Це інструмент вищої точності, ніж штангенінструмент, застосовують його для контролю деталей двигунів та відповідальних деталей сільськогосподарських машин. У всього мікрометричного інструмента вимірювальним елементом є мікрометричний гвинт, що має різьбу з точним кроком (крок різьби  $P = 0,5$  мм). Конструктивно мікрометрична пара виконана у вигляді різьбової (мікрометричної) гайки і мікрометричного гвинта 7, з'єднаного з відліковим барабаном 10 за допомогою хвостовика 8 з тріскачкою 9 (рис. 10.6). Гвинтова пара використовується для перетворення поздовжнього переміщення гвинта в кругове переміщення шкали барабана. Тріскачка забезпечує необхідне вимірювальне зусилля, яке дорівнює  $7 \pm 2$  Н, що зменшує похибки вимірювання. Вимірюваний розмір визначають за кутом повертання барабана.

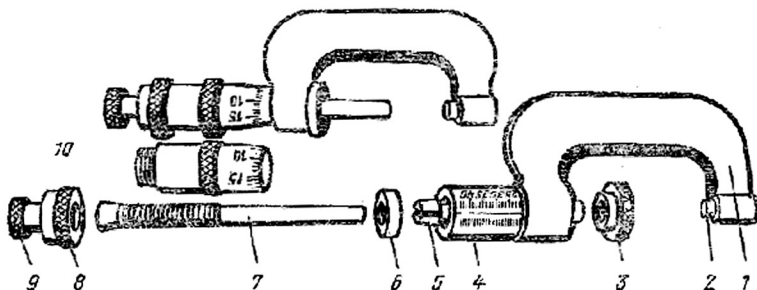


Рис. 10.6. Мікрометр

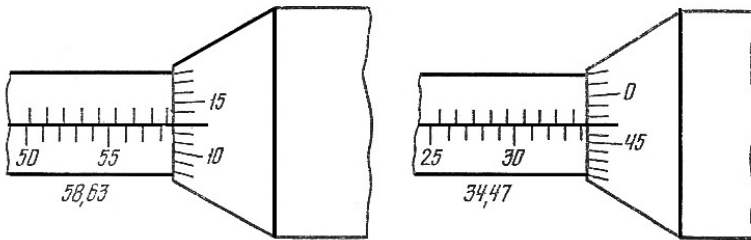
Для відліку цілого числа обертів мікрометричного гвинта служить поздовжня (основна) шкала, розташована на запресованій в корпус втулці, що називається стеблом.

Стебло – це гайка для мікрометричного гвинта і одночасно забезпечує його центрування і напрямок по зовнішньому діаметру. Основна шкала здвоєна, складається з двох шкал з інтервалом 1 мм, зсунутих одна відносно іншої на 0,5 мм і розташованих по обидва боки від поздовжнього штриха на стеблі, тобто інтервал ділення основної шкали дорівнює кроку мікрометричного гвинта.

Показчиком для відліку по цій шкалі є торець барабана, закріпленого на мікрометричному гвинті. Для відліку часток оберту мікрометричного гвинта, тобто сотих часток міліметра, є кругова шкала з радіальними штрихами (50 поділок), нанесеними на конусній частині барабана.

Показником для відліку по цій шкалі є поздовжній штрих, нанесений на стеблі.

По шкалі на стеблі визначають цілі міліметри і половини міліметрів, а по шкалі барабана – соті частки міліметра, які потім додають до показань на стеблі. Приклади відліку по мікрометру вказані на рис. (10.7).



**Рис. 10.7. Приклади відліків по шкалі мікрометра**

Відлік визначається за порядковим номером штриха барабана (не рахуючи нульового), що збігається з поздовжнім штрихом стебла. Рахунок ведеться завжди в бік зростання номерів штрихів.

*Порядок вимірювань мікрометричним інструментом.* Перед вимірюванням вибирають інструмент із необхідними межами вимірювання, перевіряють плавність ходу мікрометричного гвинта

---

---

(переміщення повинно бути плавним і без заїдань) і правильність нульового показання інструмента.

**Мікрометр гладенький.** Перевірка встановлення на нуль виконується в такій послідовності (рис. 10.6):

1. Обертаючи цифровий барабан разом з мікрометричним гвинтом за тріскачку, приводять у зіткнення вимірювальної поверхні торців мікрогвинта і п'ятки (поки не почне прокручуватись тріскачка).

2. У зімкненому положенні вимірювальних поверхонь скошений край цифрового барабана повинен зупинитись на початковій нульовій поділці шкали на стеблі, а нульова поділка відлікового барабана повинна розташуватись проти поздовжнього штриха на стеблі.

Якщо встановлення неправильне, тоді необхідно:

а) закріпити стопором мікрогвинт;

б) притримуючи лівою рукою скобу і корпус барабана за накатку і обертаючи правою рукою за накатку хвостовика, звільняють від мікрометричного гвинта корпус відлікового барабана;

в) корпус барабана, який вільно сидить на мікрогвинті, повертають так, щоб відбулося нульове встановлення;

г) притримуючи корпус барабана за накатку, з'єднують хвостовиком барабан з мікрометричним гвинтом.

Під час перевірки мікрометрів з межами вимірювання 25–50, 50–75 та ін., торці мікрогвинта і п'ятки призводять у зіткнення із спеціальною циліндричною установчою мірою або з плоскопаралельною кінцевою мірою довжини, що дорівнює нижній межі вимірювання мікрометра, тобто 25, 50 мм.

Вимірювання деталей гладенькими мікрометрами.

1. Встановлюють вимірювану деталь між поверхнями мікрогвинта і п'ятки і, обертаючи за тріскачку, доводять вимірювальні поверхні до деталі.

2. Закріплюють мікрогвинт стопором.

3. Здійснюють відлік по першому відліковому пристрою на стеблі, який складається з нижньої шкали, по якій визначають цілі міліметри і верхній шкалі, по якій визначають 0,5 мм, коли край барабана перейшов за штрих після цілого міліметра.

4. Здійснюють відлік по другому відліковому пристрою, що складається із шкали з ціною поділки 0,01 мм, нанесеною на конусній поверхні барабана.

5. Визначають розмір деталі підсумовуванням показань двох відлікових пристроїв (цілі і половини мм – по шкалі стебла, а соті частки мм – по шкалі барабана).



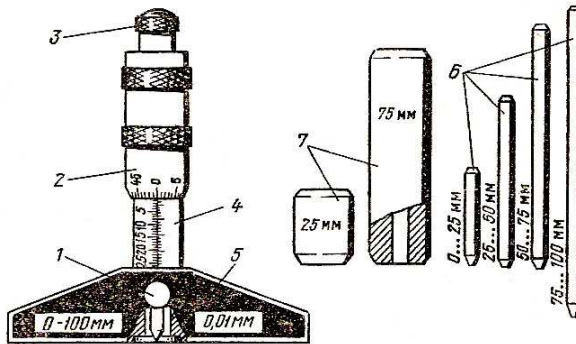
**Наприклад.** Перший відлік на рис. 10.7 складається з двох частин: 58,5 на стеблі і 0,13 на шкалі барабана. Розмір деталі  $58,5 + 0,13 = 58,63$  мм.

Другий відлік: на стеблі 34,0 на шкалі барабана 0,47. Розмір деталі 34,47 мм.

**Мікрометричний глибиномір** (рис. 10.8). Для перевірки встановлення на нуль:

1. Встановлюють траверсу глибиноміра на перевірочну плиту.

2. Обертаючи барабан за фрикціон і притискуючи траверсу, подають вимірювальний стрижень до дотику з плитою. При правильному встановленні торець скошеного краю барабана при дотику стрижня до плити повинен зупинитись проти першого нульового штриха на стеблі, а нульовий штрих цифрового барабана повинен стати напроти поздовжнього штриха на стеблі 4.



**Рис. 10.8. Мікрометричний глибиномір**

Якщо встановлено неправильно, то необхідно:

- закріпити вимірювальний стрижень стопором;
- відгвинтити накидну гайку з тріскачкою (фрикціоном);
- притримуючи лівою рукою корпус барабана за накатане кільце, встановити барабан так, щоб проти поздовжнього штриха стебла встановилась нульова поділка шкали барабана;
- загнути накидну гайку і знову перевірити встановлення глибиноміра.

До комплекту мікрометричного глибиноміра з межами вимірювання 0–100 мм входять установчі міри, виконані у вигляді циліндрів із плоскими вимірювальними торцями, число і розміри яких

залежать від кількості змінних стрижнів, що встановлюють у торець вимірювального гвинта.

Вимірювання глибин пазів, виступів і глухих отворів мікрометричним глибиноміром виконують так:

1. Притискують мікрометричний глибиномір до поверхні деталі із зусиллям, яке перевищує вимірювальне зусилля і створюють щільне прилягання вимірювальної поверхні траверси до деталі.

2. Обертаючи тріскачку (фрикціон), переміщують мікрометричний гвинт з вимірювальним стрижнем до дотику з поверхнею деталі (дно паза проточки чи глухого отвору).

3. Стопорять мікрогвинт стопором.

4. Визначають розмір підсумовування показань першого і другого відлікових пристроїв.

**Мікрометричний нутромір** (рис. 10.9). Встановлення мікрометричного нутроміра на нуль здійснюють по кінцевих мірах на спеціальній скобі.

1. Вводять в скобу мікрометричний нутромір з надітою запобіжною гайкою.

2. Притримуючи нутромір за стебло і обертаючи барабан за накатане кільце, вигвинчують мікрометричний гвинт до зіткнення поверхонь сферичних наконечників із поверхнями скоби або установочних мір.

3. Закріплюють мікрогвинт стопором.

4. Перевіряють встановлення на нуль. При правильному встановленні проти поздовжнього штриха основної шкали повинна знаходитись нульова поділка шкали барабана.

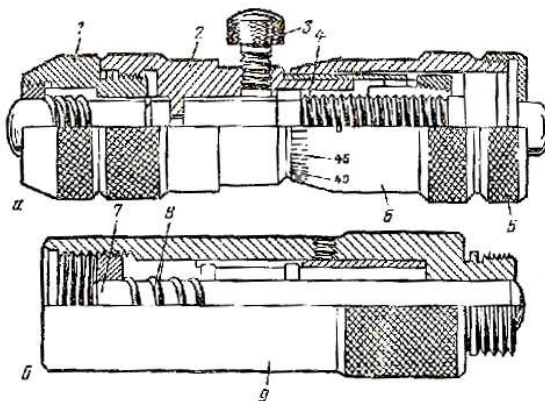


Рис. 10.9. Мікрометричний нутромір

Якщо нульова установка неправильна, то необхідно:

- ✓ закріпити мікрометричний гвинт стопором;
- ✓ відгвинтити накидну гайку і відрегулювати положення цифрового барабана, добиваючись збігання нульового штриха цифрового барабана з поздовжнім штрихом стебла;

✓ загвинтити накидну гайку і перевірити встановлення на нуль.

Вимірювання отворів деталей мікрометричним нутромірром виконують у такій послідовності:

1. Складають нутромір з подовжувачами необхідних розмірів і перевіряють правильність встановлення на нуль як вказано раніше.
2. Вводять мікрометричний нутромір у вимірюваний отвір деталі.
3. Обертаючи накатане кільце барабана, підводять вимірювальні наконечники до зіткнення із стінками отвору.
4. Стопорять мікрогвинт стопором.
5. Здійснюють відлік розмірів з урахуванням використаних подовжувачів.

#### 10.4. Важільно-механічні прилади

Важільно-механічні прилади працюють за принципом перетворення за допомогою зубчастих, важільно-зубчастих та інших механізмів малих переміщень вимірювального стрижня у збільшенні в сотні разів переміщення стрілки шкали.

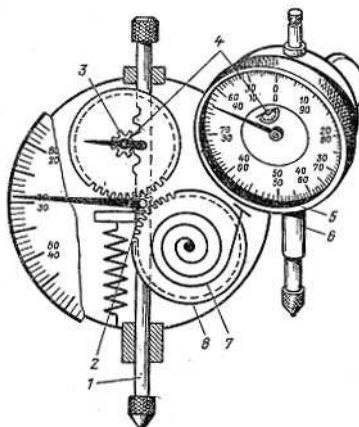
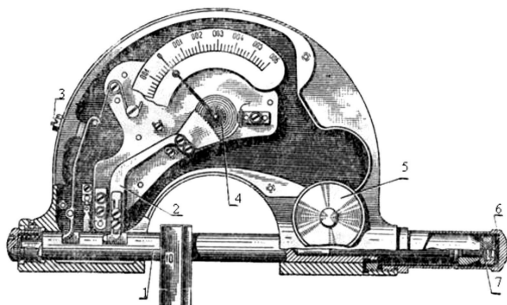


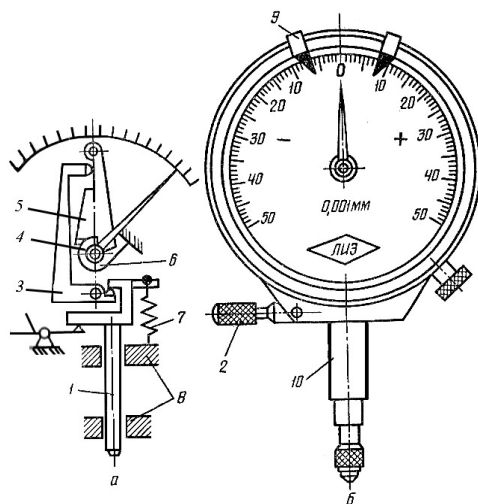
Рис. 10.10. Індикатор годинникового типу

- Важільно-механічні прилади можна поділити на кілька груп:
- ✓ прилади з зубчастою передачею: індикатори годинникового типу (рис. 10.10);
  - ✓ важільно-зубчасті прилади: важільна скоба (рис. 10.11), важільно-зубчастий індикатор (рис. 10.12).



**Рис. 10.11. Важільна скоба:**

- 1 – рухома п'ята; 2 – важіль з рубчастим сектором; 3 – орітір;  
 4 – трубка зі стрілкою; 5 – стопорний гвинт; 6 – захисний ковпак;  
 7 – гвинт мікроподачі.

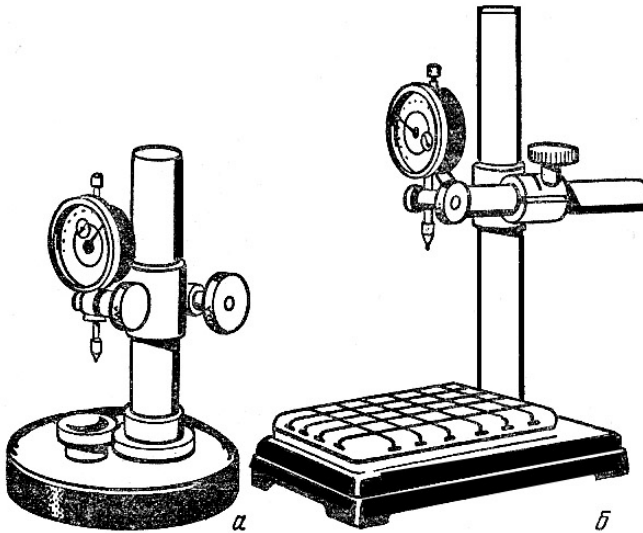


**Рис. 10.12. Важільно-зубчаста вимірювальна голівка підвищеної точності:**

- а – схема вимірювального механізму; б – загальний вигляд

---

Вимірювальні головки встановлюють у стояки чи штативи (рис. 10.13).

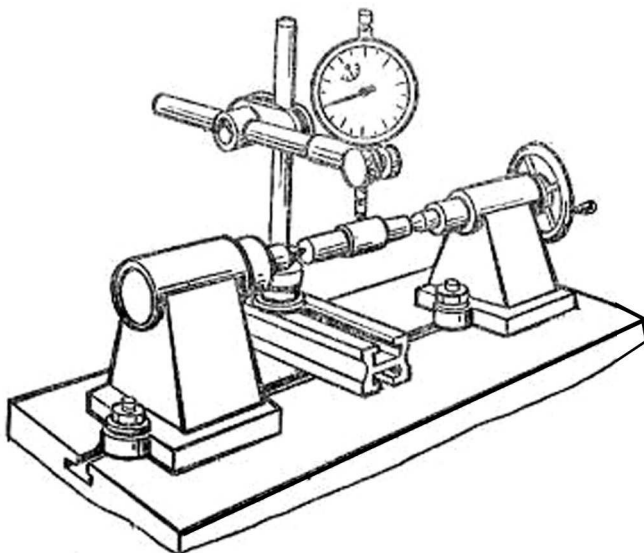


**Рис. 10.13.** Стояк з круглим (а) та квадратним (б) столиком

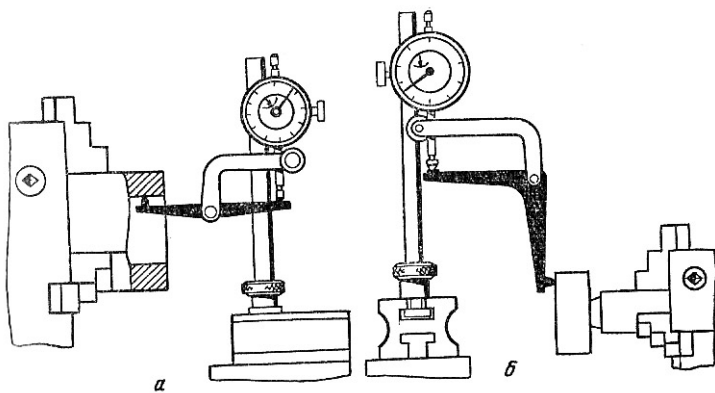
Техніка вимірювання розмірів, радіального і торцевого биття вимірювальними головками у стояках і штативах, а також у різних за конструкцією спеціальних і переналагоджуваних контрольних і вимірювальних пристосуваннях зображена на рис. 10.13; 10.14; 10.15.

#### **Виконання**

Вимірювальну головку кріплять затискним гвинтом на стрижні стояка чи в державці штатива. Залежно від конструкції головку можна встановити, затиснувши гільзу в стояку чи за вушко на задній кришці, чи використанням спеціальних державок для кріплення, якщо діаметр приєднувального штифта не відповідає діаметру затискного отвору штатива.



**Рис. 10.14.** Вимірювання індикатором радіального биття



**Рис. 10.15. Вимірювання індикатором:**  
а – радіального биття за допомогою прямого важеля;  
б – торцевого биття за допомогою кутового важеля

---

---

Вимірювальний стрижень при цьому повинен розташовуватись перпендикулярно до поверхні стола чи вимірювальної деталі.

Вимірювання розмірів деталей можна виконувати, використовуючи відносний (з встановленням приладів на нуль по блоку кінцевих мір чи зразковій деталі) або абсолютний метод (якщо розмір деталі не перевищує меж вимірювання по шкалі).

Вимірювання відносним методом точніші. При вимірюванні розмірів відносним методом на стіл стояка чи перевірну плиту під вимірювальний наконечник головки ставиться блок плоско-паралельних кінцевих мір довжини, розмір якого дорівнює номінальному розміру вимірюваної деталі.

Потім опускають кронштейн із закріпленою головкою по колонці стояка так, щоб вимірювальний наконечник дотикався до поверхні міри і стрілка відхилилась від крайнього положення. Тобто створювався запас ходу. Опустити кронштейн треба плавно, щоб не було удару вимірювального наконечника в блок кінцевих мір.

Попереднє відхилення стрілки – запас ходу необхідний для того, щоб в процесі вимірювання прилад міг показувати як від'ємні, так і додатні відхилення від початкового положення при дотику блока кінцевих мір. Тому запас ходу повинен бути більшим, ніж очікуване відхилення розміру деталі від номінального значення.

Для індикаторів годинникового типу рекомендується створювати запас ходу вимірювальному стрижню приблизно 1 мм, щоб вимірювання виконувались на ділянці шкали, яка має нормовану похибку показань.

Закріплюють вимірювальну головку за допомогою гвинта кріплення кронштейна на стояку і встановивши шкалу на нуль, тобто повертанням ободка, зміщують нульовий штрих шкали з стрілкою. Для перевірки сталості показань вимірювальної головки в індикаторів годинникового типу треба два-три рази піднести вимірювальний стрижень за головку на висоту 2-3 мм і плавно опустити його, притримуючи рукою, до упору наконечника в бік мір.

Несталість обертання стрілки, не плавність ходу і заїдання вимірювального стрижня в гільзі (пружина, що створює вимірювальне зусилля, не відтягує вимірювальний стрижень у початкове положення; при цьому стрілка займає кожний раз інше положення) свідчить про надмірне затягування вимірювальної головки затискним гвинтом чи забруднення механізму головки. У першому випадку треба дещо послабити затискання і усунути цим самим заклинювання стрижня. У

---

---

другому випадку слід промити механізм у чистому авіаційному бензині.

Після перевірки і регулювання вимірювальної головки потрібно зняти блок мір, злегка піднявши за головку вимірювальний стрижень, підвести вимірювану деталь під вимірювальний наконечник головки і обережно опустити вимірювальний стрижень до дотику наконечника з поверхнею деталі.

Якщо деталь циліндричної форми, то для запобігання неправильному відліку її треба щільно притиснути двома пальцями до предметного стола і, легко перекочуючи під вимірювальним наконечником, стежити за рухом стрілки. За показаннями стрілки визначають відхилення розміру деталі від розміру міри та його знак.

Дійсний розмір вимірюваної деталі дорівнюватиме сумі розміру блока кінцевих мір і показань приладу з урахуванням знака цього показання.

Після закінчення вимірювання партії деталей треба перевірити збереження нульового встановлення приладу. Для цього під вимірювальний стрижень знову встановлюють блок кінцевих мір.

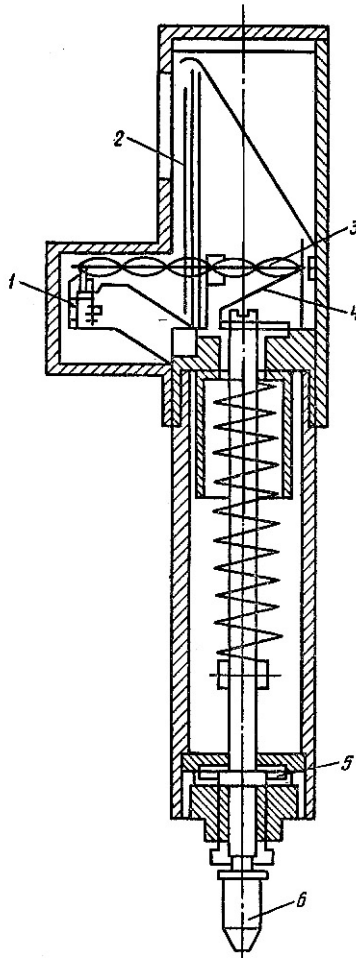
Допускається відхилення стрілки від нульового положення не більше як 0,5 поділки шкали.

Вимірювання розмірів деталей абсолютним методом виконують у такій послідовності: кронштейн з закріпленою вимірювальною головкою опускають по колонці стояка до дотику наконечником вимірювальної бази поверхні предметного стола стояка чи перевіркової плити.

При цьому забезпечується деякий тиск вимірювального наконечника на плиту. Потім вимірювальну головку кріплять за допомогою гвинта кріплення кронштейна на стояку. Налаштування головки на нуль проводиться від поверхні перевіркової плити чи предметного стола (повертанням шкали за обичайку у вимірювальних головках типу ІГ. Сталість показань вимірювальної головки перевіряють підніманням і опусканням вимірювального стрижня. Під вимірювальний наконечник встановлюють деталь. Для цього за головку піднімають стрижень. Переміщення основної стрілки і стрілки покажчика числа обертів від початкового положення визначає дійсний розмір деталі.

**Пружинні головки** – мікрокатори (рис. 10.16) застосовують при особливо точних вимірюваннях лінійних розмірів відносним методом, а також відхилень форми деталей.





**Рис. 10.16. Схема мікрокатора**

**Мікрокатор** (пружинний мініметр). Вимірювальний стрижень 1 мікрокатора підвішений на пружинистому диску 3 і горизонтальній частині пружинного трикутника 3. Чутлива пружина 4 скручена за середину так, що ліва і права частини створюють спіралі різного напрямку. Один кінець пружини регулюючими гвинтами 6 пружини привертнутий до корпусу приладу, другий – до вертикальної частини

---

пружинного трикутника. До середньої частини чутливої пружини прикріплена стрілка 5. При переміщенні стрижня 1 вгору пружинний трикутник повертається і розтягує чутливу пружину; стрілка при цьому відхиляється.

Всі рухливі частини цього приладу скріплені між собою, зазори в з'єднаннях відсутні, тому він має високою чутливістю. Мікрокатори випускають з ціною поділки 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 мкм та з межами вимірювання  $\pm 30$  поділок шкали. Їх використовують разом з універсальними стояками, а також як відлікові пристрої в універсальних, спеціальних, складальних багатомірних і переналагоджувальних контрольно-вимірювальних приладах. Техніка вимірювання пружинними головками аналогічна як і важільно-зубчастими.

### 10.5. Скоби з відліковим пристроєм

Ці скоби призначені для точних вимірювань зовнішніх розмірів деталей відносним методом. Виготовляють їх двох типів: СВ – важільні, з вмонтованим в корпус відліковим пристроєм; СІ – індикаторні, оснащені вимірювальними головками.

**Важільні скоби** (рис. 10.11) застосовують для вимірювання деталей з допуском за 7-м квалітетом, а **індикаторні скоби** (рис. 10.17) з верхньою межею вимірювання до 100 мм – деталей з допуском за 9-м квалітетом і грубіше.

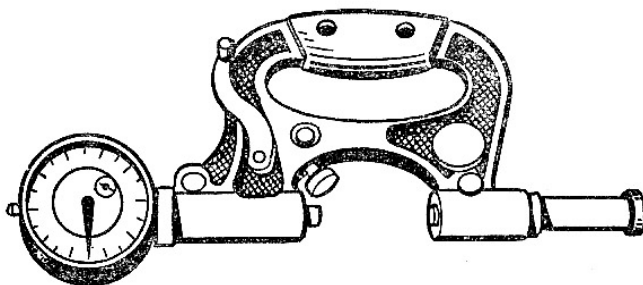


Рис. 10.17. Індикаторна скоба

*Вимірювання важільними скобами.*

Скоби встановлюють по блоку кінцевих мір, розмір якого дорівнює номінальному розміру вимірюваної деталі або ж приблизно одному із граничних розмірів деталі.

---

---

Для цього підгвинчують ковпачок-стопор і, повертанням гайки, попередньо розводяться вимірювальні поверхні п'яток на розмір, більший за розмір кінцевих мір.

Потім блок кінцевих мір поміщують між вимірювальними поверхнями рухомої і нерухомої п'яток і загвинчують гайку доти, поки стрілка відлікового пристрою збіжиться з нульовим штрихом шкали. Після встановлення переставну п'ятку закріплюють ковпачком-стопором і видаляють блок кінцевих мір. Щоб не пошкодились вимірювальні поверхні кінцевих мір і п'яток скоби, рухома п'ятка відводиться аретиром.

Ключем, що додається до скоби, встановлюють рухомі покажчики меж поля допуску. Попередньо відгвинчують ковпачок механізму перестановки покажчиків.

За допомогою аретира відводять рухома п'ятку. Між вимірювальними поверхнями рухомої і переставної п'яток розміщують деталь, а потім аретиром обережно опускають рухома п'ятку до дотику з поверхнею деталі. Для вимірювання розмірів партії деталей важливою скобою бажано використовувати стояки.

Далі виконують відлік показань, за якими визначають відхилення розміру деталі від розміру міри та його знак. Дійсний розмір вимірюваної деталі дорівнює сумі блока кінцевих мір і показання приладу з урахуванням цього показання.

**Індикаторну скобу** (рис. 10.17) перед початком вимірювань настроюють по блоку кінцевих мір, розмір якого дорівнює номінальному розміру вимірюваної деталі.

Для цього треба відгвинтити стопорну гайку затискача переставної п'ятки і ковпачка. Натиском руки розвести вимірювальні поверхні п'яток на розмір, більший за розмір блока кінцевих мір. Потім розмістити блок кінцевих мір між вимірювальними поверхнями рухомої і переставної п'яток.

Переставну п'ятку підвести до дотику з поверхнею міри так, щоб при вимірюваннях використовувалась нормована дільниця, яка знаходилась в межах другого оберту, а стрілка індикатора приблизно встановилась на нуль. Після встановлення скоби на розмір положення переставної п'ятки зафіксувати затискачем і закрити її ковпачком, який запобігає її пошкодженню і забрудненню.

Після цього поверненням обичайки змістити нульовий штрих основної шкали індикатора з стрілкою.

Для перевірки сталості показань треба за допомогою аретира 2-3 рази відвести рухома п'ятку і потім обережно опустити її на

---

---

стикання з поверхнею кінцевої міри. Якщо при цьому стрілка індикатора займе не нульове положення, то знову повертанням за обычаем змістити з нею нульовий штрих шкали. Після цього видалити блок кінцевих мір, відводячи рухому п'ятку аретиром, щоб не пошкодити вимірювальні поверхні кінцевих мір і п'яток скоби. Упор, яким для зручності вимірювання обладнана скоба, при настроюванні її на розмір встановлюється так, щоб лінія вимірювання проходила через вісь вимірюваної деталі.

За допомогою аретира відводять рухому п'ятку, деталь встановлюють між вимірювальними поверхнями рухомої і переставної п'яток, злегка притискують до переставної п'ятки. Потім обережно аретиром опускають рухому п'ятку до дотику з поверхнею деталі. Проводиться відлік показань, за яким визначають відхилення розміру деталі від розміру міри та його знак.

Дійсний розмір вимірюваної деталі буде дорівнювати сумі розміру блока кінцевих мір і показань приладу з урахуванням знака цього показання.

## **10.6. Індикаторні глибиноміри і нутроміри**

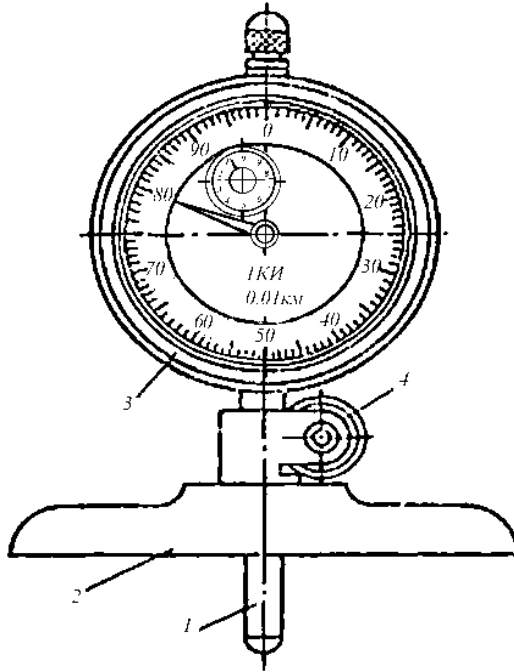
Індикаторні глибиноміри (рис. 10.18) призначені для вимірювання відносним методом глибин пазів, отворів, висот, уступів, а нутроміри (рис. 10.19) – внутрішніх розмірів деталей.

*Послідовність вимірювання індикаторними глибиномірами.*

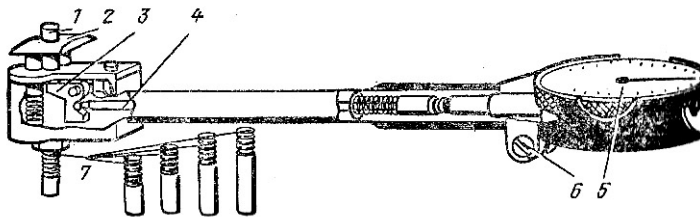
Індикатор встановлюють у державці основи і прикріплюють, залежно від вимірюваного розміру вибирають змінний вимірювальний стрижень і встановлюють глибиномір.

Глибиномір основою ставиться на два блоки кінцевих мір чи установчу втулку, встановлені на перевірочній плиті. Відтискують стопор і остаточно встановлюють індикатор відносно основи. Для цього індикатор в державці переміщують так, щоб при вимірюваннях використовувалась нормована дільниця, що знаходиться в межах другого оберту.

Потім індикатор закріплюють стопором.



**Рис. 10.18. Індикаторний глибиномір**



**Рис. 10.19. Індикаторний внутрімір**

Повертанням обичайки нульовий штрих основної шкали суміщають із стрілкою. При вимірюванні основу легенько притискають до поверхні деталі лівою рукою, а правою рукою вимірювальний стрижень спускають до дотику його наконечника до поверхні деталі. Далі визначають відхилення розміру деталі від

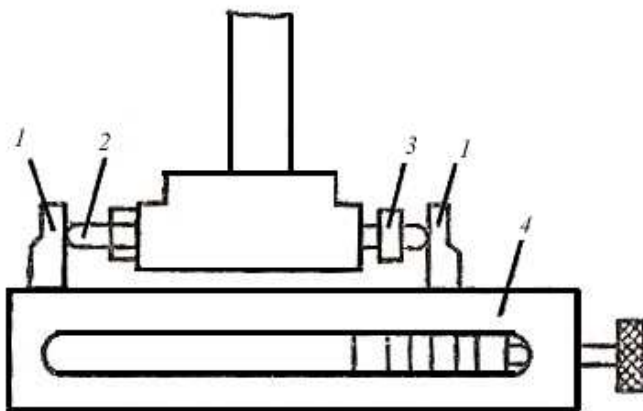
установчої міри, провадять відлік показань. Дійсний розмір вимірюваної деталі буде дорівнювати сумі розміру блока кінцевих мір і показань приладу з урахуванням знака цього показання.

*Послідовність вимірювання за допомогою індикаторного нутроміра.*

Індикатор встановлюють у нутромірі так, щоб використовувалась нормована ділянка, що знаходиться в межах другого оберту. Перемістивши від руки 2-3 рази рухомий вимірювальний стрижень нутроміра, треба переконатися в сталості встановлення стрілки індикатора, відсутності не плавності її обертання і ходу, зайдань вимірювального стрижня.

Залежно від розміру вимірюваної деталі вибирають змінний стрижень і попередньо закріплюють у головці нутроміра шляхом угвинчування його у втулку.

Прилад встановлюють на необхідний розмір (у нульове положення) одним із трьох способів: за атестованим калібром-кільцем; за блоком кінцевих мір довжини заданого розміру, притертому до двох боковин і закріпленому в державці (рис. 10.20), за мікрометром, який встановлений на заданий розмір по блоку кінцевих мір і закріпленому в стояку. При цьому забезпечується запас ходу 1-2 мм.



**Рис. 10.20.** Настроювання індикаторного нутроміра

---

---

При вимірюванні нутромір нахилиється та натиском на центруючий мостик і рухомий вимірювальний стрижень обережно, без ударів у стінку деталі вводиться у вимірювальний отвір.

Встановлення нутроміра перпендикулярно осі отвору здійснюються невеликим покачуванням нутроміра відносно деталі для знаходження найменшого розміру при відсутності перекосу (крайне положення стрілки індикатора при її русі за годинниковою стрілкою).

Далі визначають відхилення від розміру, на який був встановлений індикаторний нутромір. Дійсний розмір вимірюваної деталі дорівнює сумі блока кінцевих мір довжини, запасу ходу, показань приладу з урахуванням знака цього показання.

### **10.7. Оптико-механічні і оптичні прилади**

До оптико-механічних належать важільно-оптичні прилади (оптиметр, ультраоптиметр та ін.), вимірювальні машини, проєкційні прилади, вимірювальні мікроскопи (інструментальний та універсальний) тощо.

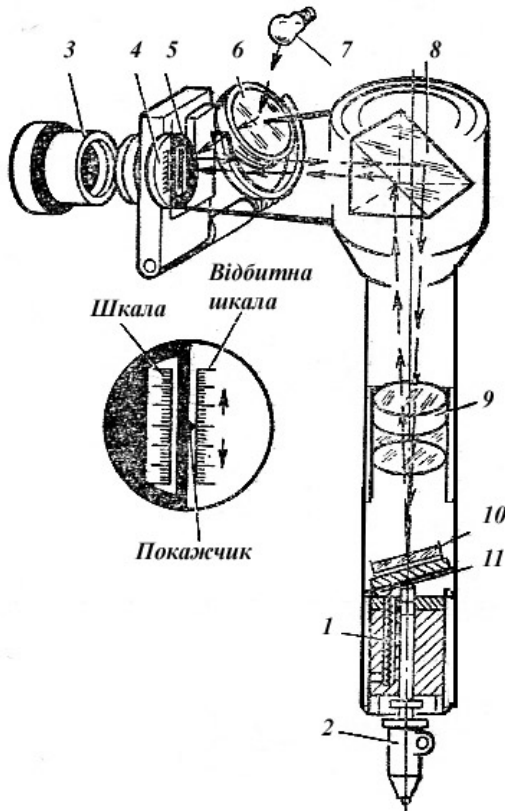
Залежно від положення осі вимірювання вони можуть бути вертикальними (ОВ) чи горизонтальними (ОГ), від способу відліку показань – екранними (ОВЕ, ОГЕ) чи окулярними (ОВО, ОГО).

Оптико-механічні та оптичні прилади забезпечують вищу точність вимірювання, ніж важільно-механічні прилади. У зв'язку з цим ними користуються у вимірювальних лабораторіях для контролю і вимірювання точних деталей, шаблонів, калібрів, контр калібрів і кінцевих мір.

Точність відліку можна підвищити без збільшення габаритів і маси приладу, якщо використовувати у деяких випадках оптичне плече.

**Оптиметр** – найбільш розповсюджений оптико-механічний прилад.

Вимірювальна головка оптиметра – це Г-образна трубка, на одному кінці якої знаходиться окуляр, а на другій – вимірювальний стрижень 1 (рис. 10.21), який закінчується вправленим у нього загартованою кулькою, що упирається у дзеркало 10 оптиметра. Дзеркало укріплене на шарнірі 11, пружиною 2 постійно прижимається до вимірювального стрижня (вимірювальне зусилля складає 2Н).



**Рис. 10.21. Вимірювальна головка оптиметра**

Світло від зовнішнього джерела 7 за допомогою бокового дзеркала 6 направляється в щілину, де освітлює шкалу 5 приладу. Відображення шкали через систему призм 8 і лінз 9 направляється на нижнє дзеркало 10, що знаходиться у контакті з вимірювальним стрижнем, і від нього – в окуляр 3. Переміщення вимірювального стрижня призводить до повороту дзеркала, а отже, до переміщення відображення 4, що видно в окуляр оптиметра.

Шкала приладу нерухома і в окуляр невидна, переміщується тільки відображення шкали залежно від положення вимірювального стрижня і нижнього дзеркала.



---

---

Положення відображеної шкали визначається відносно покажчика в формі трикутника зі стрілкою, що розташована в центрі поля, що видно в окуляр. При переміщенні вимірювального стрижня відображення шкали переміщується відносно покажчика вгору або вниз.

Ціна поділки оптиметра 0,001 мм, межа показань приладу  $\pm 100$  поділок, або  $\pm 0,1$  мм.

Головку оптиметра можна використовувати тільки у з'єднанні з важким стояком. Залежно від лінії вимірювання розрізняють вертикальний чи горизонтальний оптиметри.

Вертикальний оптиметр настроюють так само, як і мікрокатор, котрий також використовують з важким стояком.

Горизонтальний оптиметр більш універсальний. Його можна використовувати як для зовнішніх, так і для внутрішніх вимірювань.

**Інструментальні мікроскопи** призначені для вимірювання кутів і лінійних розмірів різьбових калібрів, мітчиків, різьбових фрез, шаблонів, фасонних різців та ін. Малий інструментальний мікроскоп (ММІ), улаштований так же, як і великий інструментальний мікроскоп (ВМІ), має меншу точність і меншу межу вимірювань.

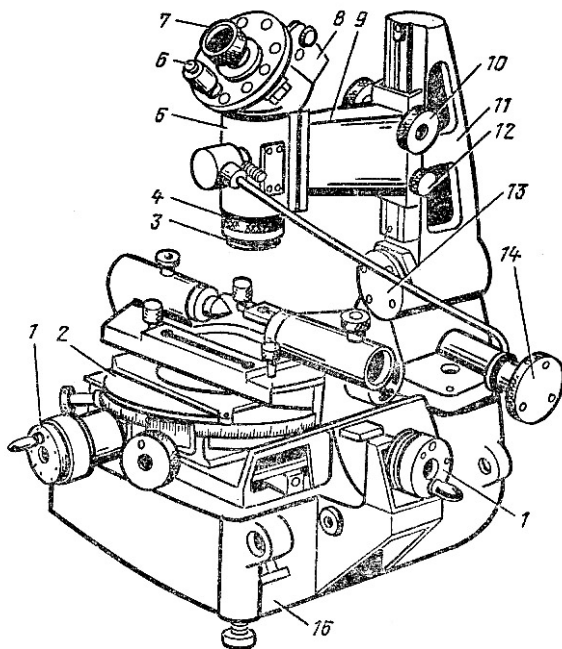
На литій чавунній підставі 15 (рис. 10.22) є направляючі, по яких на кулькових опорах переміщується стіл 2 у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Стіл переміщують двома мікрометричними гвинтами 1 в межах 0...25 мм. Для того, щоб збільшити межу вимірювання приладу в поздовжньому напрямку ( до 75 мм у ММІ та до 150 мм у ВМІ), між кінцем мікрогвинта та вимірювальним упором стола мікроскопа вставляють кінцеву міру необхідного розміру.

Верхню частину стола з предметним склом можна повертати відносно основи для суміщення лінії вимірювання з напрямленням поздовжнього і поперечного переміщення стола.

До основи мікроскопа на осі 13 кріпиться стійка 11, по котрій переміщується кронштейн 9 з тубусом 5. Стійка 11, за допомогою маховичка 14 може нахилитися навколо осі 13. По обидві сторони на кут до  $12,5^\circ$ , що необхідно при вимірюванні різьб.

Мікроскоп фіксують маховичком 10, переміщуючим кронштейном 9 вгору або до низу. Після грубої настройки кронштейн стопорять гвинтом 12. Для точної настройки використовують рифлене кільце 4, при обертанні котрого тубус переміщується по направляючих відносно кронштейна. У нижній частині тубуса встановлено об'єктив 3, в верхній частині – змінна окулярна кутомірна головка ОГУ ОКГ-21 з візирним окуляром 7 і відліковим мікроскопом 6.

*Принцип вимірювання за допомогою інструментальних мікроскопів.*

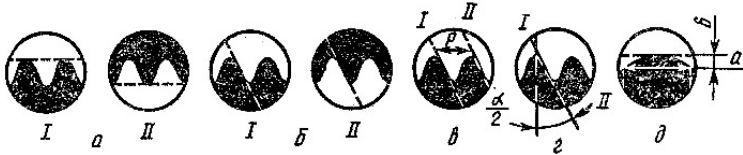


**Рис. 10.22. Інструментальний мікроскоп**

Одну з пунктирних ліній окулярної головки суміщають з краєм поверхні деталі і записують показання мікрометричного пристрою. Потім ту ж лінію суміщають з іншим краєм вимірювальної поверхні і записують друге показання. Різниця показань буде дорівнювати вимірювальній величині. Деталь, що закріплена на столі або в центрах, у процесі вимірювання кутів лишається нерухомою або, як при вимірюванні лінійних розмірів, переміщується з столом відносно тубуса.

На рис. 10.23 наведено приклади вимірювання параметрів різьби за допомогою інструментального мікроскопа. При вимірюванні зовнішнього, внутрішнього та середнього діаметрів пунктирною лінію суміщають з відповідним краєм деталі виступами (рис. 10.23а) або впадинами, боковою стороною витка (рис.10.23б), тобто приводять у положення I. Потім, переміщуючи стіл в поперечному напрямку, пунктирну лінію переводять у положення II. Різниця показань

мікрометричного пристрою поперечної подачі в положеннях I та II буде дорівнювати вимірюваному діаметру. Необхідно відмітити, що при вимірюванні середнього діаметра тубус повинен бути нахилений на кут підйому різьби з тим, щоб обидва краї профілю різьби було видно різко.



**Рис. 10.23. Приклади вимірювання інструментальним мікроскопом**

При вимірюванні шага різьби (рис. 10.23в) пунктирну лінію суміщають з однією з сторін профілю різьби (положення I) і записують показання мікрометричного пристрою подовжньої подачі. Потім пунктирну лінію суміщають з такою ж (лівою або правою) стороною сліду чого витка або з такою ж стороною  $n$ -го витка (положення II). Різниця показань мікрометричного гвинта подовжньої подачі буде дорівнювати шагу або шаг може бути визначений діленням різниці показань на  $n$ .

Кут профілю різьби вимірюють порізно для лівої і правої сторін профілю, тобто визначають  $\alpha/2$  (ліва) або  $\alpha/2$  (права). Для цього обертанням штрихової скляної пластинки окулярної головки пунктирну лінію ставлять в положення, перпендикулярне осі різьби, і записують показання кута на відліковому мікроскопі (рис. 10.23 г). Потім ту ж пунктирну лінію суміщають з краєм профілю різьби. Різниця показань буде дорівнювати половині кута профілю  $\alpha/2$ .

## 10.8. Пневматичні прилади

Пневматичні прилади призначені для відносного вимірювання деталей високої точності. Ними контролюють, вимірюють і сортують за розмірними групами деталі шатунно-поршневої групи, плунжерних пар, гідравлічних систем тощо. Дія пневматичних приладів заснована на залежності між витратою повітря, яке витікає під тиском із вимірювального отвору (чи зазору), і розмірами цього отвору (чи зазору).

---

---

Перетворення відхилень перевірюваного розміру в пропорційну зміну зазору здійснюється за допомогою виміральної оснастки відповідної конструкції.

Перевага пневматичних приладів: велике передаточне відношення, що легко регулюється в широких межах, можливість вимірювання легко деформуючих деталей, оскільки вимірювання виконують безконтактним методом, швидкість вимірювання; можливість працювати в режимах вимірювання і контролю.

До недоліків цих приладів належать: налагодження на кожний вимірюваний розмір, потреба в стиснутому повітрі, порівняно великі розміри.

Ці властивості і визначають сферу застосування приладів.

Для визначення витрати повітря, сталого в процесі вимірювання, в повітропроводі перед вимірюваним отвором встановлюють газовий витратомір (з манометром чи ротаметром), шкала якого градуйована в лінійних величинах.

Оскільки витрата повітря і, отже, показання приладу залежать не тільки від розмірів вимірюваного отвору (зазору), але і від тиску повітря, то для виключення додаткових похибок треба, щоб цей тиск був суворо постійним, що досягається встановленням стабілізатора тиску.

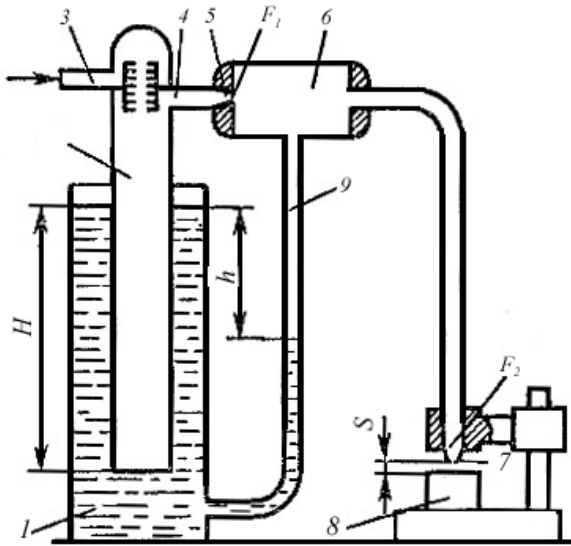
Таким чином, кожний пневматичний прилад повинен складатися з трьох основних частин: стабілізатора тиску; витратоміра; виміральної оснастки.

За способом визначення витрати повітря пневматичні прилади поділяються на дві групи:

- ✓ прилади з манометрами (із змінним перепадом тиску);
- ✓ прилади з ротаметрами (з постійним перепадом тиску).

У приладах з манометрами витрату повітря визначають за перепадом тиску при проходженні через звуження повітропровода – вхідне сопло. Ці прилади залежно від робочого тиску і конструкції поділяються на прилади низького і високого тиску.

Прилад низького тиску (рис. 10.24) складається із балона 1, залитого водою і сполученого з атмосферою, та встановленої в нього закритої частини трубки 2. Через отвір 3 повітря надходить в трубку 2, а через отвір; потрапляє у вимірвальну камеру 6. Надмірне повітря вільно виходить із трубки 2 через нижній кінець, тому усередині трубки підтримується постійний тиск, який визначається висотою  $H$  стовпчика води в балоні 1.



**Рис. 10.24. Схема пневматичного приладу низького тиску:**

1 – балон; 2 – трубка; 3 – отвір; 4 – патрубок; 5 – сопло;  
6 – камера; 7 – сопло; 8 – вимірювальна деталь; 9 – манометр

Повітря з трубки 2 попадає в камеру 6 через калібрований отвір (сопло) 5 з постійним діаметром  $d_1$  і площею перерізу  $F_1$ , а виходить через сполучене з атмосферою вимірювальне сопло 7 з діаметром  $d_2$  і площею перерізу  $F_2$ . Тиск у камері 6, що залежить від співвідношення площин  $F_1$  і  $F_2$ , вимірюється водяним манометром 9, який має вигляд скляної трубки з поділками, з'єднаними з камерою 6 і балоном 1.

Вимірювання зазору  $S$  між вимірювальним соплом 7 і вимірювальною деталлю 8 тут же призводить до зміни тиску в камері 6, а отже, до зміни різниці тиску  $h$  в камері 6 і в балоні 1. Цю різницю тиску приблизно можна визначити за формулою

$$h = \frac{H}{1 + 16 \frac{d_2^2}{d_1^2} S^2}, \quad (10.3)$$

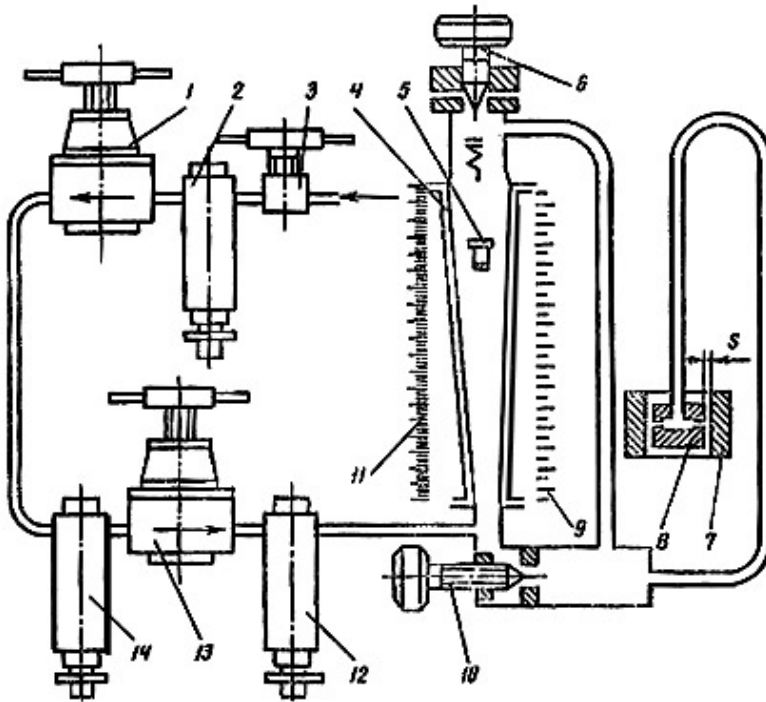
де  $d_2$  і  $d_1$  – діаметри відповідно вимірювального і вихідного сопел;

$S$  – зазор вимірювального сопла.

Оскільки параметри  $H$ ,  $d_1$  і  $d_2$  постійні, то вимірювальний тиск залежить тільки від розміру зазору. Залежність  $h = f(S)$  називається характеристикою пневматичного пристрою. Тангенс кута нахилу цієї кривої характеризує передаточне відношення, яке може змінюватися в межах 600-10000. Ціна поділки приладу від 0,001 до 0,0005 мм.

При використанні приладів такого типу для одночасного вимірювання кількох розмірів число водяних манометрів повинно дорівнювати числу вимірюваних розмірів.

У приладах високого тиску (рис. 10.25) основна частина – ротаметр – це конічна скляна трубка 4, закріплена широким кінцем в верх, з розміщеним всередині її поплавком 5.



**Рис. 10.25.** Схема пневматичного приладу високого тиску:

- 1 – редуктор; 2,14 – фільтри; 3 – вентиль; 4 – трубка;
- 5 – поплавок; 6,10 – вентиль; 7 – вимірювальна деталь; 8 – калібр;
- 9 – шкала; 11 – шкала; 12 – відстійник; 13 – редуктор-фіксатор

---

---

Струм повітря, що проходить знизу, підтримує поплавок у зваженому стані.

Чим більший зазор між вимірювальними соплами калібру 8 і поверхнею вимірювальної деталі 7, тим більша витрата повітря та його швидкість в трубі ротаметра, тим вище піднімається поплавок. Відлік показань ведеться за шкалою 9, закріпленою поряд з трубкою 4, покажчиком є верхній край поплавка.

Для встановлення поплавка в нуль потрібна також рівномірна шкала 11.

Оскільки точність вимірювання залежить від сталості тиску повітря, до схеми приладу входять вентиль 3, стабілізатор тиску (редуктор) 1, редуктор-фіксатор 13 і відстійник 12. Повітря від пилу і мастила очищають фільтрами 2 і 14. Голчасті вентилі 6 і 10 призначені для встановлення приладу на нуль і вимірювання передаточного відношення в межах 2 000 – 30 000. Ціна поділки може змінюватись від 0.002 до 0,0002 мм.

### **10.9. Автоматичні засоби контролю**

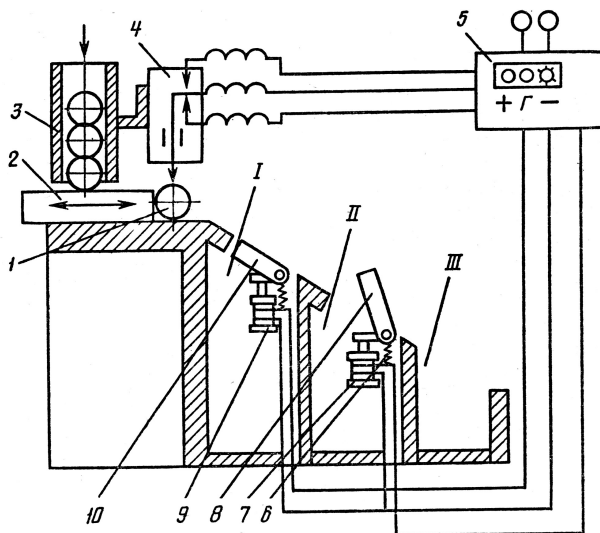
Автоматичні засоби контролю виконують у вигляді контрольно-сортувальних автоматів і напівавтоматів, в яких використовуються механічні, електричні і пневматичні датчики.

В автоматах усі операції завантажування, транспортування, контролю, сортування виконуються автоматично, в напівавтоматах частину операцій виконують вручну. Позитивною якістю автоматичних засобів контролю є висока продуктивність і об'єктивність контролю розмірів.

Схему автомата для сортування виробів по одному контролюючому розміру зображено на рис. 10.26.

Вироби завантажують у транспортуючий пристрій 1, який доставляє їх до вимірювального пристрою 2. На вимірювальній позиції вимірюють розмір виробу і порівнюють його з граничними значеннями. Результат вимірювання виробів у вигляді електричного сигналу надходить до запам'ятовуючого 3 і сортувального 4 пристроїв.

Деталі із вимірювальної позиції контейнером 5 переміщуються до сортувального пристрою 4, який під дією сигналів за результатами контролю виконує адресування деталей в один із двох сортувальних відсіків: відсік 6 бракованих виробів чи відсік 7 придатних за розміром виробів.



**Рис. 10.26.** Пристрій електрифікований автоматичного контролю

Контролюючі і контрольно-сортувальні автомати і напівавтомати доцільно використовувати при виготовленні чи відновленні деталей простої конфігурації, які потребують 100%-го контролю чи сортування на розмірні групи.

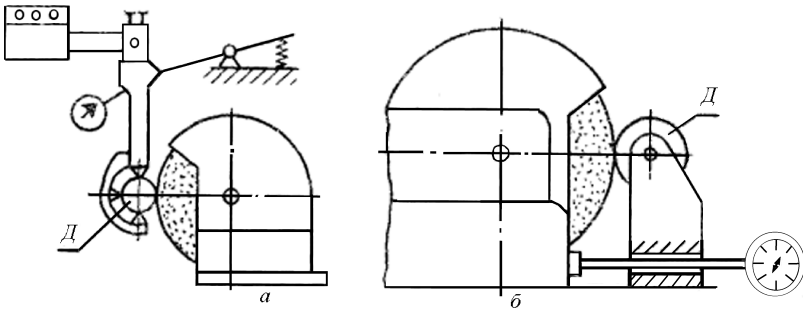
### 10.10. Засоби активного контролю

Усі розглянуті раніше засоби вимірювання і контролю тільки фіксують результат розмірного оброблення деталей і не впливають на технологічний процес. У той же час поява браку, особливо на кінцевих операціях (шліфувальних, хонінгувальних), призводить до великих збитків, оскільки на виготовленні таких складних деталей як блок циліндрів чи колінчастий вал, витрачено багато праці і коштів.

Щоб уникнути браку, на шліфувальних і хонінгувальних верстатах використовують пристрої для контролю розмірів деталей в процесі їх обробки.



На верстаті розташований вузол 2 (рис. 10.27), який виміряє деталь і під час обробки основним елементом вимірювального вузла є вимірювальні перетворювачі і станції.



**Рис. 10.27. Засоби активного контролю**

Найбільш поширені індуктивні перетворювачі, встановлені у важільні скоби.

Сигнал з вимірювального вузла 2, що характеризує розмір контрольованої деталі, після підсилення надходить одночасно у блок 5 командного пристрою, у блок 4 відлікового пристрою і світлофорний блок 3. Із блока 5 командного пристрою сигналом після підсилювача 6 надходить на виконавчі органи верстата для вимірювання режиму обробки деталей чи зупинки верстата.

Виконання команд реєструється світінням відповідної лампи світлофорного блока 3 і відхиленням стрілки приладу 4. Перед початком роботи прилад активного контролю настроюють на контролюючий розмір і встановлюють на верстат оброблювану деталь.

### **Контрольні питання**

1. Яке призначення плоскопаралельних кінцевих мір довжини?
2. Чим характеризується клас і розряд плоскопаралельних кінцевих мір довжини?
3. Яке призначення робочих, приймальних і контрольних калібрів?
4. Які основні метрологічні показники штангенциркуля?
5. З якою точністю відліку випускаються штангенінструменти?
6. Які основні метрологічні показники мікрометра?
7. З чого починають вимірювання мікрометром?

- 
- 
8. Як здійснюють установку мікрометра на нуль у випадку необхідності?
  9. Які основні метрологічні показники індикатора?
  10. В яких випадках індикатори використовуються для абсолютного методу вимірювання, а в яких – для відносного?
  11. Для чого задається “запас ходу” при відносному методі вимірювання індикатором?
  12. Що необхідно мати для налагодження індикаторного нутроміра?
  13. Для якого методу вимірювання використовується важільна скоба і для якого важільний мікрометр?
  14. Яке головне призначення інструментального мікроскопа?
  15. Яку точність відліку мають оптиметри?
  16. В якому виробництві використовуються пневматичні вимірювальні прилади?
  17. Які переваги мають автоматичні засоби контролю і де вони використовуються?

### Тести

1. Кожна плоскопаралельна кінцева міра має робочих розмірів
  - а) один
  - б) два
  - в) чотири
2. Точність відліку штангенінструменту складає
  - а) 0,5мм
  - б) 0,1 і 0,05мм
  - в) 0,002 і 0,001мм
3. Точність відліку мікрометричного інструменту складає
  - а) 0,1мм
  - б) 0,01мм
  - в) 0,001мм
4. Для вимірювання отворів використовуються
  - а) штангенциркулі, нутроміри;
  - б) мікрометри, глибиноміри;
  - в) важільні скоби;
5. Радіальне та торцьове биття вимірюється
  - а) штангенциркулем
  - б) мікрометром
  - в) індикатором

---

---

## 11. ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ГЛАДКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ

### 11.1. Система допусків і посадок

Гладкі циліндричні з'єднання за призначенням можна розділити на три типи:

- ✓ рухомі – з вільним взаємним переміщенням деталей, які мають гарантований зазор;
- ✓ нерухомі – в процесі роботи яких отвір і вал відносно не переміщуються, що забезпечується гарантованим натягом чи застосуванням ще і додаткових деталей (**шпонок, стопорних гвинтів тощо**);
- ✓ перехідні – в яких центрування деталей забезпечується наявністю невеликих зазорів чи натягів, а взаємне переміщення обмежується додатковими деталями.

Відповідно до цього треба мати посадки з гарантованим зазором, з гарантованим натягом і перехідні.

Щоб забезпечити мінімально необхідне число посадок відповідно до вимог експлуатації розроблено систему допусків і посадок.

**Системою допусків і посадок** називається закономірно побудована сукупність допусків і посадок, оформлена у вигляді стандартів. Використання стандартних допусків і посадок забезпечує взаємозамінність деталей і дозволяє стандартизувати різальний і вимірвальний інструмент.

СДП забезпечує взаємозамінність при виготовленні, експлуатації та ремонті машин і обладнання, а також застосування єдиного оформлення технічної документації і єдиного парку різального і вимірвального інструментів та іншої розмірної технологічної оснастки.

Впровадження СДП підвищує ефективність: проектно-конструкторських робіт за рахунок скорочення строків проектування, додаткових узгоджень і уточнень технічної документації; міжнародної спеціалізації і кооперації при виготовленні машин і обладнання; робіт із стандартизації за рахунок можливості встановлення єдиної нормативно-технічної документації; науково-технічного обміну між країнами і забезпечення продажу за кордон ліцензій і технічної документації.

---

---

Крім того, знижуються витрати на експлуатацію і ремонт імпортного обладнання за рахунок виключення переоброблення технічної документації і здешевлення виготовлення запасних частин.

В Україні діє ДСТУ ISO 286-1-2002 “Основи допусків, відхилів та посадок”, у якому використані стандарти ISO 286-1:1988. Стандартом встановлено допуски і посадки для діаметрів до 3150мм. Однак, абсолютна більшість з’єднань у тракторах, автомобілях, сільськогосподарських і гідромеліоративних машинах має розміри до 500 мм.

Тому розглянемо систему допусків і посадок для цих інтервалів розмірів.

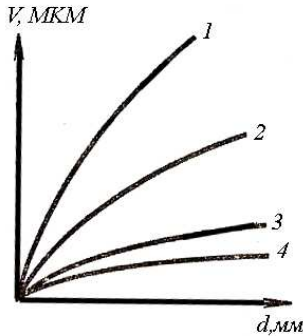
**1. Одиниця допуску.** Для визначення допусків різних деталей і порівняння цих деталей за точністю впроваджено умовну одиницю допуску ( $i$ ). Одиницю допусків для діаметрів від 1 до 500 мм визначають за формулою

$$i = 0,45\sqrt[3]{D_{cp}} + 0,001D_{cp}, \quad (11.1)$$

де  $D_{cp}$  – середнє геометричне граничних значень діаметрів, мм, в інтервалі

$$D_{cp} = \sqrt{D_{нб} D_{нм}} . \quad (11.2)$$

Застосування цієї ознаки при розробці СДП пояснюється різними причинами. Виробничий досвід показує, що за інших однакових умов із збільшенням діаметрів складніше досягти необхідної точності виготовлення, тобто похибки обробки зростають із збільшенням діаметра. Це відомо давно, проте знадобились спеціальні дослідження, щоб встановити залежність між діаметром оброблюваної деталі і похибками розмірів при різних видах обробки. Для цього на однакових і повністю справних верстатах обробляли велику партію деталей під один розмір. Потім деталі вимірювали, визначали середній квадратичний відхил і знаходили поле розсіювання розмірів  $V$ . За експериментальними даними були побудовані криві (рис. 11.1), які об’єктивно характеризують залежність похибок обробки від діаметра  $d$  на існуючому обладнанні.



**Рис. 11.1. Залежність поля розсіювання від діаметра оброблюваної деталі**

Аналіз одержаних залежностей 1,2, 3, 4 показав, що поля розсіювання різні для різних способів обробки. Наприклад, для одного і того ж діаметра поле розсіювання при тонкому обточуванні буде значно більше, ніж при тонкому шліфуванні. Для усіх способів обробки характер кривих, а отже, і залежність поля розсіювання від діаметра підкоряється відповідній закономірності, яка аналітично виражається

$$V = C\sqrt{x}d .$$

Причому,  $x$  змінюється в межах 2,5-3,5, а коефіцієнт  $C$  для шліфованих валів приблизно дорівнює 0,0005.

Ці дані і взято в основу побудови єдиної системи допусків і посадок та визначення залежності допуску від діаметра деталі.

Одиницю допуску використовують як порівнювальний масштаб, який характеризує складність виготовлення деталі залежно від її діаметра.

**2. Інтервали діаметрів.** Оскільки залежність між допуском і діаметром встановлена, здавалося б, можна визначити допуск для будь-якого діаметра чи будь-якого із нормальних діаметрів у межах від 1 до 500 мм. Однак в цьому немає потреби. При невеликій різниці номінальних розмірів допуски на них будуть відрізнятися незначно.

Технологічні труднощі виготовлення деталей у відповідних межах діаметрів будуть однакові, причому ці межі тим менші, чим

---

---

менші самі розміри.

Із збільшенням розмірів розширюються і межі (інтервали). Тому єдина система допусків і посадок передбачає 13 інтервалів розмірів (діаметрів) від 1 до 500 мм, в межах яких значення одиниці допуску, а отже, і значення допусків встановлюються постійними (табл. 10).

**Таблиця 10. Одиниці допуску для різних інтервалів розмірів**

Інтервал розмірів, мм	Одиниці допуску $i$ , мкм
Від 1 до 3	0,63
понад 3 “ 6	0,83
понад 6 “ 10	1,00
понад 10 “ 18	1,21
понад 18 “ 30	1,44
понад 30 “ 50	1,71
понад 50 “ 80	1,90
понад 80 “ 120	2,20
понад 120 “ 180	2,50
понад 180 “ 250	2,90
понад 250 “ 315	3,38
понад 315 “ 400	3,60
понад 400 “ 500	4,00

Із табл. 10 видно, що інтервали зростають разом із розмірами, утворюючи приблизно геометричну прогресію із знаменником 1,5. Для номінальних розмірів понад 10 мм введені проміжні інтервали, які ділять основний інтервал на два чи три. Їх використовують для визначення граничних відхилів, які з номінальним розміром залежать відносно крутою залежністю, тобто при невеликій зміні номінального розміру спостерігається значна зміна основного відхилення.

### **3. Ступені (квалітети) стандартних допусків.**

**Квалітет** (ступінь точності) – сукупність допусків, що відповідають одному рівню точності для усіх номінальних розмірів. Таким чином, квалітет характеризує складність одержання розміру незалежно від діаметра.

СДП передбачає 20 квалітетів. Позначають квалітети так: IT 01, IT 0, IT 1, IT 2, IT 3,..., IT 18.

Значення допуску в кожному з квалітетів характеризується постійним числом одиниць допуску  $k$ , що називається **коєфіцієнтом точності** і визначається за формулою

$$IT = k \cdot i. \quad (11.3)$$

Значення числа одиниць допуску для квалітетів з 5 по 18 наведено в табл. 11.

**Таблиця 11. Значення числа одиниць допуску  $k$  для квалітетів IT 5 ... IT 18**

Квалітет	Число одиниць допуску $k$
IT 5	7
IT 6	10
IT 7	16
IT 8	25
IT 9	40
IT 10	64
IT 11	100
IT 12	160
IT 13	250
IT 14	400
IT 15	640
IT 16	1000
IT 17	1600
IT 18	2500

Із таблиці видно, що число одиниць допуску, а значить і допуски збільшуються при переході від одного квалітета до іншого по геометричній прогресії із знаменником 1,6. Через кожних п'ять квалітетів, починаючи з IT 6, допуски збільшуються в 10 разів; таким чином, можна одержати значення допусків більш грубих квалітетів

$$IT 19 = 10 \times IT 14 = 4000$$

$$IT 20 = 10 \times IT 15 = 6400$$

Така система побудови рядів допусків дозволяє за відомим номінальним розміром і допуском визначити квалітет, а значить і складність одержання розмірів із заданим допуском.

Наприклад, шийку колінчастого вала шліфують під розмір  $85_{-0,034}^{-0,012}$  мм. Допуск дорівнює 22 мкм, а одиниця допуску для діаметра 85 (див. табл. 8) дорівнює 2,2.

Визначаємо число одиниць допуску

$$k = \frac{IT}{i} = \frac{22}{2,2} = 10,$$

що відповідає квалітету IT 6.

Квалітети включають допуски, призначені на з'єднувальні і нез'єднувальні розміри, допуски калібрів.

Суворих розмежувань у застосуванні квалітетів немає, але переважно використовують квалітети для:

- кінцевих мір довжини – IT 01 ... IT 1;
- калібрів і дуже точних виробів – IT 2 ... IT 4;
- з'єднувальних розмірів – IT 5 ... IT 12;
- нез'єднувальних розмірів – IT 13 ... IT 18.

Кожний квалітет може бути досягнутий різними способами обробки, але з них призначають найбільш економічні технологічні процеси, при яких собівартість виготовлення найменша. Тому визначення оптимальної точності обробки і вибір квалітету – складне техніко-економічне завдання.

При довільному призначенні більш грубого квалітету знижується якість роботи з'єднання, скорочується технічний ресурс, знижується надійність і навпаки, необґрунтовано високий квалітет з малими допусками збільшує вартість виготовлення деталей (рис. 11.2).

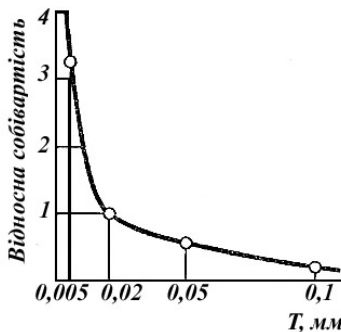


Рис. 11.2. Залежність собівартості обробки від допуску



---

---

Між допусками і зазорами існує певна залежність

$$S_{\max} - S_{\min} = TD + Td = TS .$$

Тому визначення необхідних допусків і квалітетів полягає у встановленні гранично допустимих зазорів до даного з'єднання, виходячи з експлуатаційних вимог, які і визначають значення функціонального допуску

$$S_{ep.доп.} - S_{поч.} = TS_{\phi} . \quad (11.4)$$

Гранично допустимим називається зазор  $S_{ep.доп.}$ , після досягнення якого нормальна експлуатація з'єднання неможлива, тому що призводить до аварійного спрацювання і виходу з ладу деталей.

Початковий зазор також обумовлений особливостями експлуатації даного з'єднання.

У будь-якому випадку він не може бути меншим за необхідну товщину масляного шару, а в деяких випадках треба врахувати і температурні розширення в робочому стані. Різниця двох цих зазорів дорівнює функціональному допуску посадки.

Якщо різницю цих зазорів використати як допуск обробки, то можливий випадок, коли буде складене нове з'єднання з зазором, що дорівнює гранично допустимому, тобто з'єднання, нормальна експлуатація якого неможлива і яке вже потребує ремонту.

Тому функціональний допуск повинен бути розділений на дві частини – конструктивний і експлуатаційний

$$TS_{\phi} = TS_k + TS_e . \quad (11.5)$$

**Конструктивний допуск ( $TS_k$ )** використовують для компенсації похибок у процесі виготовлення деталей, складання з'єднання, регулювання.

**Експлуатаційний допуск ( $TS_e$ )** необхідний для створення відповідного запасу точності і збереження необхідного рівня експлуатаційних показників протягом тривалої експлуатації.

Запас точності з'єднання

$$K_T = \frac{TS_{\phi}}{TS_k} . \quad (11.6)$$

---

---

Від запасу точності значною мірою залежить його технічний ресурс і надійність деталі, вузла чи машини в цілому.

Це і визначає вибір квалітету, який невід’ємний від вибору посадки конкретного з’єднання.

Остаточню квалітет встановлюють, враховуючи технологічні можливості виготовлення деталей необхідної точності.

Саме загальну уяву про застосування тих чи інших квалітетів у з’єднаннях машин можна одержати з таких прикладів:

ІТ 5, ІТ 6 – в дуже точних з’єднаннях: поршневий палець-втулка верхньої головки шатуна, шийки колінчастого вала двигуна – вкладиш підшипників ковзання та ін.;

ІТ 7 – в машинобудуванні дуже поширений: в посадках зубчастих коліс на вали, підшипники кочення в корпусах, фрез на оправці тощо;

ІТ 8 – в нерухомих з’єднаннях: в посадках шківів і кривошипів на вали; в посадці втулки шпинделя бавовнозбиральних машин в корпус та ін.;

ІТ 9 – в з’єднаннях тракторних двигунів (з’єднання поршневе кільце – канавка поршня по висоті, втулка – верхня головка шатуна), в рухомих з’єднаннях сільськогосподарських машин при порівняно високих вимогах центрування і співвісності підшипників у період роботи (посадка зірочок на вал, посадка вала в’язального апарата прес-підбирачів);

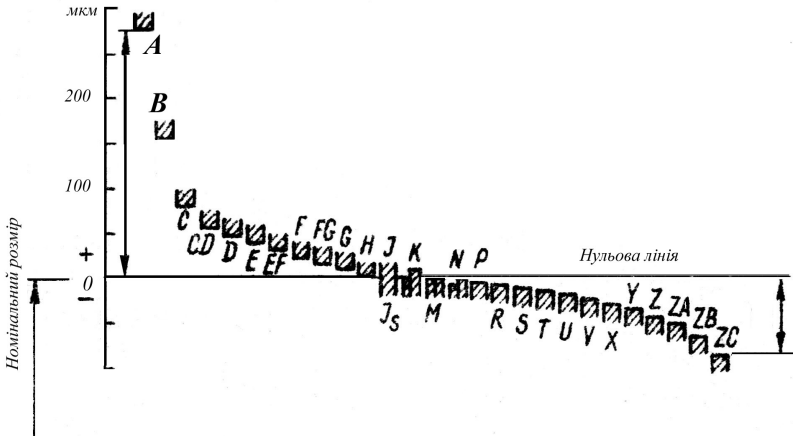
ІТ 10 – в основному в тих випадках, коли потрібна невелика точність і коли можна виготовляти гладкі вали із каліброваного чистотягнутого матеріалу без наступної обробки посадочних місць (наприклад, верхній вал похилої камери жатки комбайна);

ІТ 11 – в рухомих з’єднаннях сільськогосподарських машин, в посадках, де часто знімаються деталі (наприклад, кришки, фланці, штамповані деталі, кривошипний вал в’язального апарата, контр-привід мотовила);

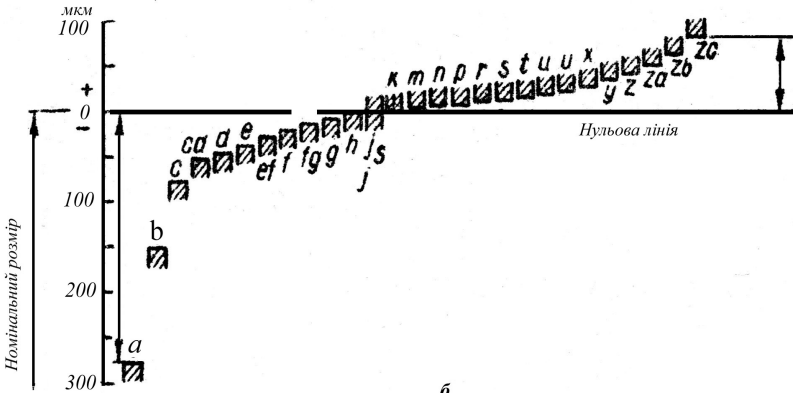
ІТ 12 – у зварних і рухомих з’єднаннях сільськогосподарських машин (наприклад, посадка коліс на вісь).

**4. Ряди основних відхилів.** Положення поля допуску відносно нульової лінії визначається основним відхилом, тобто найближчим до нульової лінії, яка відповідає номінальному розміру. СДП встановлено 28 основних відхилів для отворів і валів, кожний з яких позначається однією чи двома латинськими літерами: великими для отворів і малими для валів.

На рис. 11.3 схематично зображено положення полів допусків, що визначається основними відхилами. Другий відхил залежить від значення поля допуску, його визначають за формулами.



a



б

**Рис. 11.3. Основні відхили отворів (а) і валів (б) в СДП**

Якщо основний відхил верхній, то нижній дорівнює:

$$\text{для отвору } EI = ES - TD, \quad (11.7)$$

$$\text{для вала } ei = es - Td. \quad (11.8)$$

---

---

Якщо основний відхил нижній, то верхній дорівнює:

$$\text{для отвору } EI = ES + TD, \quad (11.9)$$

$$\text{для вала } ei = es + Td, \quad (11.10)$$

Літерою  $H$  позначається нижній відхил отвору, який дорівнює нулю, а літерою  $h$  – верхній відхил вала, який дорівнює нулю. Отже, основний отвір у системі отвору позначається  $H$ , а основний вал у системі вала  $h$ .

Основні відхили отворів однакові, як правило, за значенням і протилежні за знаком однойменним основним відхилам вала, тобто симетричні відносно нульової лінії. Це дозволяє одержувати однакові посадки в системі отвору і в системі вала.

Відхили від  $A$  до  $H$  (від  $a$  до  $h$ ) призначені для створення полів допусків е посадках із зазорами:

від  $V_s$  до  $N$  (від  $js$  до  $n$ ) – в перехідних посадках;

від  $P$  до  $ZC$  (від  $p$  до  $zc$ ) – в посадках з натягом.

Для отворів і валів, позначених літерами  $Js$  і  $js$ , поле допуску розташовано суворо симетрично відносно нульової лінії і граничні відхили однакові за значенням, але протилежні за знаком

$$ES(es) = +\frac{IT}{2}; \quad EI(ei) = -\frac{IT}{2}.$$

Допускається будь-яке сполучення полів допусків отворів і валів будь-яких квалітетів, що дозволяє мати великий вибір різних посадок.

Встановлений основний набір полів допусків як сполучення деяких основних відхилів і квалітетів, включає 203 поля допуску отворів і 203 полів допусків вала.

Але і основний набір дає значно більше полів допусків, ніж практично використовуються. Тому із основного набору полів допусків виділені більш вузькі ряди для **переважного використання** (вони вказані в таблицях буквеними позначеннями більш жирним шрифтом і взяті в рамку), які дозволяють більшою мірою уніфікувати виробу і технологічне оснащення.

Дозволяється використовувати будь-яке поле допуску із основного чи додаткового відбору. Однак, щоб запобігти необґрунтованій різноманітності в допусках і посадках і підвищити

---

---

економічні показники, встановлено такий порядок вибору полів допусків:

- в першу чергу слід використовувати **переважні** поля допусків;
- якщо неможливо забезпечити конструктивні і технологічні вимоги за рахунок переважаючих полів допусків, слід використовувати поля допусків із **основного відбору**;
- в деяких технічно обґрунтованих випадках, якщо при використанні полів допусків основного відбору не забезпечуються вимоги, які ставляться до вибору, допускається застосувати додаткові поля допусків.

Така послідовність впливає з того, що в спеціалізованому виробництві розмірних інструментів і калібрів, передусім будуть застосовуватись переважні поля допусків, а додаткові, як правило, використовуватись не будуть.

Поля допусків з основними відхилами *CD, EF, FG, (cd, ef, fg)* застосовуються тільки для діаметрів до 10 мм, а поля допусків з відхилами *za, zb, zc* для діаметрів до 18 мм.

Поля допусків, непередбачені стандартом, називаються спеціальними. Їх можна використовувати лише в технічно і економічно обґрунтованих випадках. Підставою для використання спеціальних полів допусків можуть бути інші стандарти на відповідну продукцію (наприклад, підшипники кочення), матеріалів (вироби із пластмас) чи способів обробки.

Як спеціальні поля допусків по можливості слід застосовувати поля допусків, які можна одержати з основних відхилень і допусків за ДСТУ ISO 286-1-2002.

Поля допусків валів і отворів основного набору наведено в дод. 4 і 6.

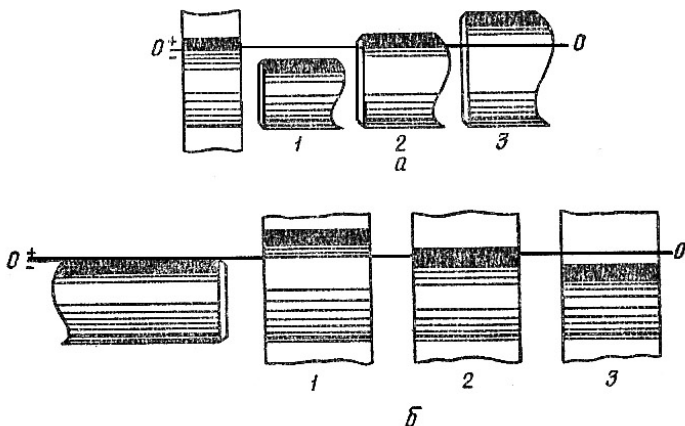
За основу СДП взято, як рівноправні, система отвору і система вала.

**5. Посадки в системі отвору** – посадки, в яких різні зазори і натяги одержуються з'єднанням неоднакових валів з основним отвором (рис. 11.4 а).

Основний отвір має нижній відхил, що дорівнює нулю.

**Посадки в системі вала** – посадки, в яких різні зазори і натяги одержуються з'єднанням неоднакових отворів з основним валом (рис. 11.1б). Основний вал має верхній відхил, що дорівнює нулю.

Отже, основний отвір у системі отвору позначається *H*, а основний вал у системі вала *h*.



**Рис. 11.4. Розташування полів допусків різних посадок:**

а – в системі отвору; б – в системі вала;

1, 2, і 3 – посадки відповідно з зазором, перехідна з натягом

Основні відхилення отворів однакові, як правило, за значенням і протилежні за знаком однойменним основним відхилом вала, тобто симетричні відносно нульової лінії. Це дозволяє одержувати однакові посадки в системі отвору і системі вала.

**6. Температурний режим.** Система допусків і посадок розроблена, виходячи з умов, що деталі будуть контролюватися (вимірюватися при відповідній температурі).

СДП прийнято, що температура вимірювальної деталі і засобів вимірювання повинна бути однаковою  $+ 20^{\circ}\text{C}$ .

Особливо важливо додержуватись температурного режиму при контролюванні калібрів, переатестації універсальних засобів вимірювання, вимірюванні великих діаметрів і у випадках, коли матеріали деталі та інструменту мають відмінні один від другого коефіцієнти лінійного розширення.

У цехах, де підтримувати постійну температуру важко, при виконанні точних вимірів слід враховувати **поправку**

$$\Delta l = l(\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2), \quad (11.11)$$

де  $l$  – вимірювальний розмір;

---

---

$\alpha_1$  і  $\alpha_2$  – коефіцієнт лінійного розширення відповідно матеріалу деталі і вимірювальних засобів;

$\Delta t_1 = 20^\circ\text{C} - t_1$  – різниця між нормальною температурою і температурою деталі;

$\Delta t_2$  – різниця між нормальною температурою і температурою засобів вимірювання.

## 11.2. Позначення на кресленнях посадок, полів допусків і граничних відхилів

Положення поля допуску відносно нульової лінії та його значення залежить відповідно від основного відхилу і квалітету.

Умовне позначення поля допуску створюється латинською літерою (чи двома) основний відхил і номером квалітету.

Поле допуску вказується безпосередньо після номінального розміру. Наприклад,  $\varnothing\text{Ш}50\text{H}6$ ;  $\varnothing40\text{p}7$ . Посадка з'єднання позначається відразу після номінального розміру полями допусків отвору і вала, починаючи з отвору:  $\varnothing40\frac{\text{H}7}{\text{q}6}$  чи  $\varnothing40\text{H}7/\text{q}6$ . Граничні відхилення лінійних

розмірів можуть бути вказані на кресленнях одним із трьох способів:

1) умовним позначенням полів допусків, наприклад,

$$\varnothing18\text{H}7, \varnothing12\text{e}8;$$

2) числовими значеннями граничних відхилів, наприклад,

$$\varnothing18_0^{+0,018}; \varnothing12_{-0,059}^{-0,032};$$

3) умовним позначенням полів допусків і в дужках з правого боку числових значень граничних відхилів, наприклад,

$$\varnothing18\text{H}7\left(0^{+0,018}\right); \varnothing12\text{e}8\left(-0,032\right)_{-0,059}$$

Перший спосіб – ним користуються в умовах багатосерійного виробництва, де основними засобами контролю є граничні калібри.

Другий спосіб – користуються в умовах дрібносерійного та одиничного виробництва, де основними є універсальні засоби вимірювання.

Третій спосіб – комбінований. Використовується, коли невідомо, де будуть виготовлятися деталі.

Допуски для обґрунтовано обраних посадок відносяться до спеціальних. На інші розміри допуски встановлюють відповідно до ДСТУ ISO 2768-1-2001 “Основні допуски”

Встановлено чотири класи таких основних допусків:

f – точний

m – середній

c – грубий

v – дуже грубий

Числові значення основних допусків наведено в табл. 12

**Таблиця 12. Допустимі відхилення лінійних розмірів, за винятком розмірів скошених країв (зовнішні радіуси і розміри фасок, див. табл. 13.)**

Клас допуску		Допустимі відхилення для інтервалів номінальних розмірів, мм					
позначення	опис	від 0,5 до 3	понад 3 до 6	понад 6 до 30	понад 30 до 120	понад 120 до 400	понад 400 до 1000
f	точний	$\pm 0,0,5$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$
m	середній	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$
c	грубий	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 0,2$	$\pm 2$
v	дуже грубий	–	$\pm 0,5$	$\pm 1$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 4$

**Таблиця 13. Допустимі відхилення розмірів для скошених країв (зовнішні радіуси і розміри фасок)**

Клас допуску		Допустимі відхилення для інтервалів номінальних розмірів, мм		
позначення	опис	від 0,5 до 3	понад 3 до 6	понад 6
f	точний	$\pm 0,2$	$\pm 0,05$	$\pm 1$
m	середній			
c	грубий	$\pm 0,4$	$\pm 1$	$\pm 2$
v	дуже грубий			

У разі обрання класу допуску належить враховувати точність, звичайну для виробника. Якщо вимагають менших допусків, або допустимих більших допусків, економічних для будь-якого окремого елемента, то такі допуски належить наводити поруч з відповідними номінальними розмірами (як спеціальні).



На кресленнях, у технічних вимогах вказують посилання на стандарт і позначення класу допуску. Приклад: ISO 2768-m

### 11.3. Методи і засоби вимірювання гладких циліндричних з'єднань

За допомогою універсальних засобів вимірювання можна визначити усі необхідні розміри гладких циліндричних з'єднань. Однак, при контролюванні деталей і якщо треба зробити висновок про відповідність розмірів, форми і розташування поверхонь деталей технічним вимогам, доводиться використовувати різні методи. При підвищених, тобто спеціально встановлених технічних вимогах до точності форми часто треба виконати не одне, а кілька вимірювань.

Так, шийки колінчастого вала вимірюють мікрометром чи важільною скобою у трьох розрізах – 1, 2, 3 і двох площинах I, II, для того, щоб визначити овальність, конусоподібність (рис. 11.5). Для того, щоб проконтролювати форму гільзи циліндрів індикаторним нутроміром також треба провести ряд вимірювань у кількох перерізах і площинах.

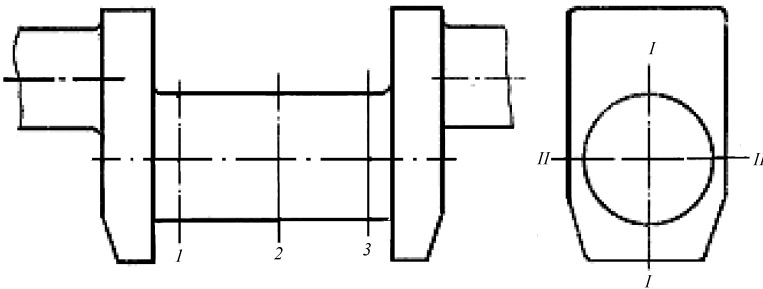


Рис. 11.5. Місця вимірювання шийки колінчастого вала

Точність обраного засобу вимірювання повинна задовольняти умові (9. 8)

$$\Delta \lim \leq \delta,$$

що забезпечує взаємозамінність деталей при складанні (див. підрозділ 9.5).

Для вимірювання параметрів універсальними засобами треба багато часу та велика кількість кваліфікованих контролерів. Тому в серійному виробництві для вимірювань використовують калібри, шаблони і спеціальні пристосування. Використання калібрів і шаблонів при ремонті машин знижує трудомісткість дефектації деталей у 3-4 рази. Спеціалізація ремонтної мережі створює сприятливі умови для широкого використання калібрів, шаблонів і спеціальних пристосувань при ремонті машин.

#### 11.4. Граничні калібри

Калібрами називаються безшкальні інструменти, що служать для контролю відхилів розмірів, форми і взаємного розташування частин деталей.

На відміну від штангенциркулів, мікрометрів та інших універсальних вимірювальних засобів калібрами не можна вимірювати дійсний розмір деталі. Калібри служать тільки для перевірки граничних розмірів деталі, відповідаючи, таким чином, на запитання – чи лежать ці розміри в полі допусків.

Тому калібри називають граничним вимірювальним інструментом (граничні калібри) (рис. 11.6; 11,7; 11.8).

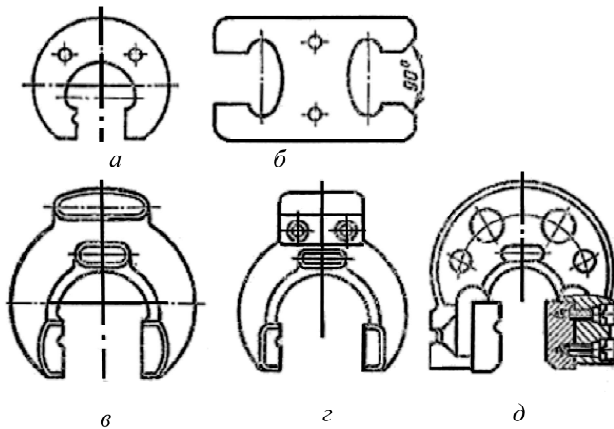
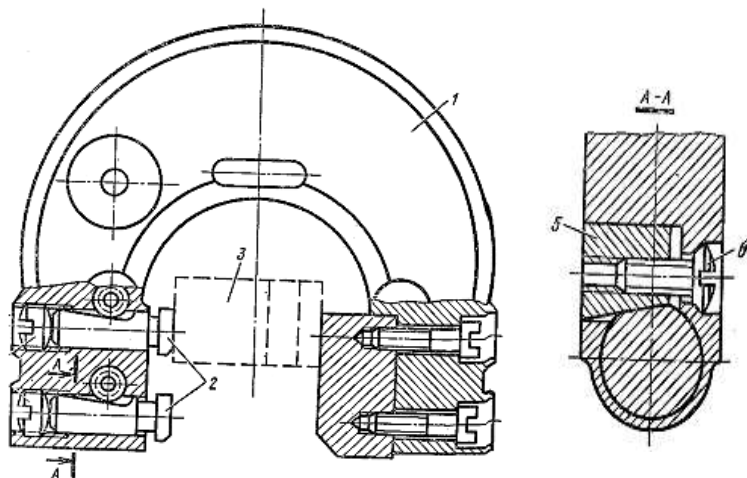
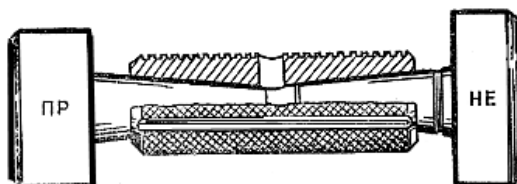


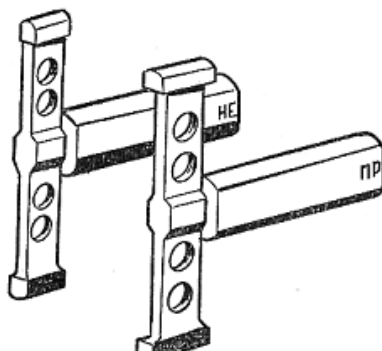
Рис. 11.6. Граничні калібри для контролю валів



**Рис. 11.7. Регульована скоба**



**11.8. Двобічна пробка**



**Рис. 11.9. Неповні пробки**

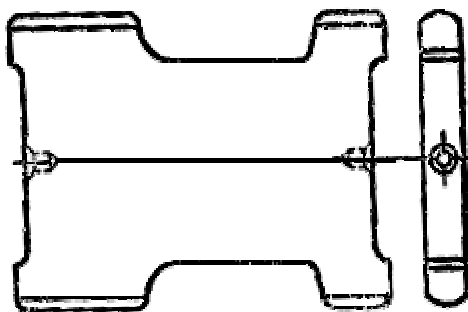
---

---

Калібри мають два боки: прохідний і непрохідний. Непрохідним боком при контролі зовнішніх поверхонь перевіряють найменший граничний розмір деталі, а при контролі внутрішніх поверхонь – найбільший розмір деталі. Прохідним боком при контролі зовнішніх поверхонь перевіряють найбільший граничний розмір деталі, а при контролі внутрішніх поверхонь – найменший граничний розмір деталі.

Інакше кажучи, прохідні калібри – початок поля допуску, а непрохідні – кінець поля допуску.

Калібри широко застосовують на заводах автотракторного і сільськогосподарського машинобудування. У ремонтному виробництві найчастіше застосовують жорсткі вибракувальні калібри, а також прохідні одно граничні калібри для перевірки отворів малих діаметрів і великої протяжності (наприклад, для перевірки після розвертання співвісності передньої втулки і втулки сальника водяного насоса). Застосування у цих випадках універсальних вимірювальних засобів не дає змоги виявити якість виконання отвору одночасно за двома показниками – точністю діаметра і співвісністю.



**Рис. 11.10. Неповна листова пробка**

**Класифікація калібрів.** Залежно від конструкції, призначення та інших характеристик калібри класифікують.

За формою контрольованої поверхні:

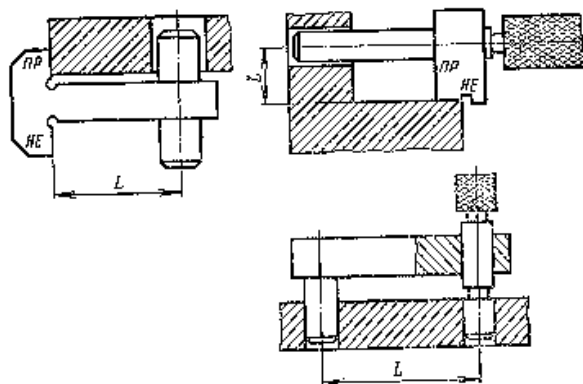
✓ калібри для валів, або **скоби**. При діаметрах до 325 мм застосовують жорсткі скоби, при діаметрах понад 325 мм – скоби з вбудованим мікрометром, індикатором або мініметром;

✓ калібри для отворів, або **пробки** (рис. 11.8). Пробки бувають повні і неповні (рис. 11.8, 11.10), повні пробки застосовують для контролю отворів діаметрів до 100 мм, а неповні від 100 до 250 мм.

При діаметрах понад 250 мм застосовують особливі пробки, що називаються сферичними нутромірами;

✓ калібри для перевірки лінійних розмірів (глибин, висот, уступів, шпонкових пазів, довжини деталей), для контролю відстані між осями і правильності розміщення різних частин деталей (рис. 11.11). Ці калібри часто називають шаблонами;

✓ калібри для перевірки криволінійних поверхонь – профільні калібри, або калібри форми.



**Рис. 11.11. Калібри для контролю розташування поверхонь**

За взаємним розміщенням вимірювальних поверхонь розрізняють одно- і двобічні калібри. З метою зменшення кількості застосовуваних калібрів на ремонтних підприємствах використовують три- і шестирозмірні вибракувальні калібри.

За конструкцією калібри бувають жорсткі і регульовані. Регульовані калібри дають змогу контролювати деталі різних розмірів, що дуже зручно в ремонтному виробництві.

За числом перевірюваних розмірів розрізняють комплексні (складні) і елементні (поодинокі) калібри. Комплексними калібрами перевіряють одночасно всі основні елементи, що впливають на взаємозамінність з'єднання; вони являють собою ніби прототип спряжуваної деталі і бувають тому тільки прохідними. Прикладом комплексних калібрів є різьбові і шліцьові прохідні кільця. При відновленні деталей роль комплексних калібрів звичайно виконують нові (або зразкові) спряжувальні деталі (болт, гайка, шліцьовий вал тощо).

---

---

Метод контролю за допомогою спряжувальних деталей не забезпечує взаємозамінності з'єднання: для досягнення повної взаємозамінності треба перевіряти обидві межі поля допуску, для чого застосовують прохідні і непрохідні калібри.

Елементні калібри перевіряють тільки один елемент – наприклад, середній діаметр різьби, зовнішній діаметр шліцьового вала, ширину шліців та ін.

Елементні калібри бувають прохідні і непрохідні.

За призначенням калібри поділяють на:

□ **робочі**, призначені для контролю деталей робітниками, контролерами цехів і відділу технічного контролю заводу; **Р-ПР** – прохідний робочий калібр; **Р-НЕ** – непрохідний робочий калібр;

□ **приймальні** – для контролю деталей приймальниками замовника; **П-ПР** – прохідний приймальний калібр; **П-НЕ** – непрохідний приймальний калібр. Приймальними калібрами служать спрацьовані до певного ступеня робочі калібри;

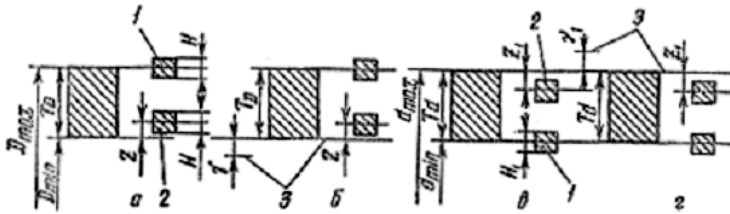
□ **контрольні** – для контролю робочих і приймальних калібрів при їх виготовленні та експлуатації; **К-ПР** і **К-С** – контркалибри для контролю прохідних нових калібрів – **К-ПР** – прохідний, **К-С** – спрацьований непрохідний; **К-НЕ** – контркалибр для контролю непрохідних робочих і приймальних калібрів; **К-П** – контркалибр для контролю прохідних приймальних калібрів; ці контр калібри прохідні. Контркалибри передбачаються тільки для контролю калібрів для валів (скоб), бо калібри отворів перевіряють за допомогою мікрокаторів або оптиметрів.

### 11.5. Розміри і допуски калібрів

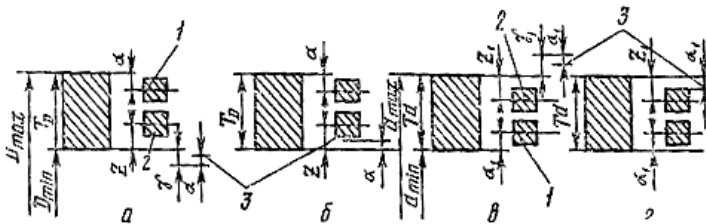
Калібри служать для контролю граничних відхилів, розмірів форми і взаємного розташування частин деталей. Відповідно до цього граничні розміри деталей є одночасно номінальними розмірами відповідних калібрів, а саме:

- номінальний розмір прохідної пробки дорівнює найменшому діаметру отвору;
- номінальний розмір непрохідної пробки дорівнює найбільшому діаметру отвору;
- номінальний розмір прохідної скоби дорівнює найбільшому діаметру вала;
- номінальний розмір непрохідної скоби дорівнює найменшому діаметру вала.

Поля допусків калібрів розташовані відносно номінальних розмірів. Схему розташування полів допусків робочих калібрів зображено на рис. 11.12; 11.13.



**Рис. 11.12. Схеми розташування полів допусків калібрів:**  
 а – для отворів квалітетів 6,7, та 8; б – для отворів квалітетів від 9 до 17; в – для валів квалітетів 6,7,8; г – для валів квалітетів від 9 до 17;  
 1 – непрохідна сторона; 2 – прохідна сторона; 3 – межа спрацювання



**Рис. 11.13. Схеми розташування полів допусків калібрів для номінальних розмірів понад 180 мм:**  
 а – для отвору квалітетів 6,7 та 8; б – для отворів квалітетів від 9 до 17;  
 в – для валів квалітетів 6,7 та 8; г – для валів квалітетів від 9 до 17;  
 1 – непрохідна сторона; 2 – прохідна сторона; 3 – межа спрацювання

Відповідно до ГОСТ 24858-81 встановлена система допусків на гладкі калібри для контролю отворів і валів розмірами до 500 мм.

При виготовленні калібрів передбачені такі допуски:  $H$  – на робочі калібри-пробки;  $H_s$  – те саме, але із сферичними вимірювальними поверхнями;  $H_l$  – на калібр-скоби;  $H_p$  – на контрольні калібри для валів.

---

---

Прохідні калібри з тертям проходять по поверхні усіх придатних деталей, тому вони спрацювуються і змінюють свій розмір.

Для прохідних калібрів встановлені межі спрацювання. Спрацювання їх з допуском до *IT8* включно може виходити за межі поля допуску деталі на величину  $Y$  для пробок і  $Y_I$  для скоб. Для прохідних калібрів квалітетів від *IT9* до *IT17* спрацювання обмежується прохідною межею, тобто

$$Y = Y_I = 0$$

Поля допусків  $H$  і  $h$  усіх прохідних калібрів зсунуті всередину поля допуску виробу для калібрів-пробок на величину  $Z$ , для калібрів-скоб – на  $Z_I$ .

При номінальних розмірах понад 180 мм поля допуску непрохідних калібрів також зсунуті всередину поля допуску деталі для пробок на величину  $\alpha$ , для скоб – на  $\alpha_I$ .

Так звана зона безпеки служить для компенсації похибок контролю.

Для непрохідних калібрів розміром до 180 мм  $\alpha = \alpha_I = 0$  (рис. 11.12). При зсуві полів допусків калібрів і межі спрацювання їх прохідних блоків всередину поля допуску деталі ліквідується можливість викривлення посадок і гарантується одержання розмірів деталей в межах полів допусків. Розміри калібрів, проставлені на його кресленнях таким чином, щоб допуск на його виготовлення був спрямований в “тіло” деталі, називається виконавчими. За виконавчий розмір пробки приймають найбільший граничний розмір з від’ємним відхилом: за виконавчий розмір скоби – її найменший граничний розмір з додатнім відхил.

**Приклад.** Припустимо, що треба розрахувати виконавчі розміри граничних калібрів для з’єднання  $\text{Ø}65 \frac{H7(+0,030)}{g6(-0,010)}$  мм

*Послідовність розрахунку.*

Визначаємо граничні розміри за формулами (7.5; 7.6; 7.7; 7.8)

отвором  $D_{\max} = 65,030$  мм.  $D_{\min} = 65,000$  мм.

валом  $d_{\max} = 64,990$  мм.  $d_{\min} = 64,971$  мм.

За табл. 14 стандарту знаходимо допуски та граничні відхили калібрів.



**Таблиця 14. Допуски і відхили граничних калібрів**

Квалі- тети допусків виробів	Розміри, мкм									
	позна- чення	до 3	понад 3 до 6	понад 6 до 10	понад 10 до 18	понад 18 до 30	понад 30 до 50	понад 50 до 80	понад 80 до 120	понад 120 до 180
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	<b>Z</b>	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4
	<b>Y</b>	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3
6	<b>Z<sub>1</sub></b>	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	<b>Y<sub>1</sub></b>	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	<b>H, H<sub>5</sub></b>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	<b>H<sub>1</sub></b>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	<b>H<sub>p</sub></b>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5
7	<b>Z, Z<sub>1</sub></b>	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	<b>Y, Y<sub>1</sub></b>	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	<b>H, H<sub>1</sub></b>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	<b>H<sub>5</sub></b>	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	<b>H<sub>p</sub></b>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5
8	<b>Z, Z<sub>1</sub></b>	2	3	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Y, Y<sub>1</sub></b>	3	3	3	4	4	5	5	6	6
	<b>H</b>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	<b>H<sub>1</sub></b>	3	4	4	5	6	7	8	10	12
	<b>H<sub>s</sub><sup>*</sup>, H<sub>p</sub></b>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
9	<b>Z, Z<sub>1</sub></b>	5	6	7	8	9	11	13	15	18
	<b>Y, Y<sub>1</sub></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>H</b>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	<b>H<sub>1</sub></b>	3	4	4	5	6	7	8	10	12
	<b>H<sub>s</sub><sup>*</sup>, H<sub>p</sub></b>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5

Для даного прикладу з таблиці обираємо числові значення:  
 для отвору для вала

$H = 5$  мкм  
 $Z = 4$  мкм  
 $\gamma = 3$  мкм

$H_1 = 5$  мкм  
 $Z_1 = 3$  мкм  
 $\gamma_1 = 3$  мкм

Найбільший розмір нової прохідної робочої калібр-пробки як бачимо з рис. 11.12.

$$P - PP_{\max} = D_{\min} + Z - \frac{H}{2} \quad (11.12)$$

$$P - PP_{\max} = 65,000 + 0,004 + \frac{0,005}{2} = 65,0065 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір нової прохідної робочої калібр-пробки

$$P - PP_{\text{вик}} = P - PP_{\max} ({}^0_{-H}) \quad (11.13)$$

$$P - PP_{\text{вик}} = 65,0065_x ({}^0_{-0,005}) \text{ мм}$$

Найменший розмір спрацьованої прохідної робочої калібр-пробки

$$P - PP_{\text{срп}} = D_{\min} - \gamma \quad (11.14)$$

$$P - PP_{\text{срп}} = 65,000 - 0,003 = 64,997 \text{ мм}$$

Найбільший розмір непрохідної нової калібр-пробки

$$P - HE_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2} \quad (11.15)$$

$$P - HE_{\max} = 65,030 + \frac{0,005}{2} = 65,0325 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір непрохідної нової робочої калібр-пробки

$$P - HE_{\text{вик}} = P - HE_{\max} (-H) \quad (11.16)$$

$$P - PP_{\text{вик}} = 65,0325 ({}^0_{-0,005}) \text{ мм}$$

Таким же чином розраховуємо виконавчі розміри нової робочої калібр-скоби (рис.11.14).

Найменший розмір прохідної нової робочої калібр-скоби

$$P - PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} \quad (11.17)$$

$$P - PP_{\min} = 64,990 - 0,004 - \frac{0,005}{2} = 64,9845 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір прохідної нової робочої калібр-скоби

$$P - PP_{\text{вук}} = P - PP_{\text{min}} \left( {}^+H_1 \right) \quad (11.18)$$

$$P - PP_{\text{вук}} = 64,9845 \left( {}^{+0,005} \right) \text{ мм}$$

Найбільший розмір спрацьованої прохідної робочої калібр-скоби

$$P - PP_{\text{сnp}} = d_{\text{max}} + \gamma_1 \quad (11.19)$$

$$P - PP_{\text{сnp}} = 64,990 + 0,003 = 64,993 \text{ мм}$$

Найменший розмір непрохідної робочої калібр-скоби

$$P - HE_{\text{min}} = d_{\text{min}} - \frac{H_1}{2} \quad (11.20)$$

$$P - HE_{\text{min}} = 64,971 - \frac{0,005}{2} = 64,9865 \text{ мм}$$

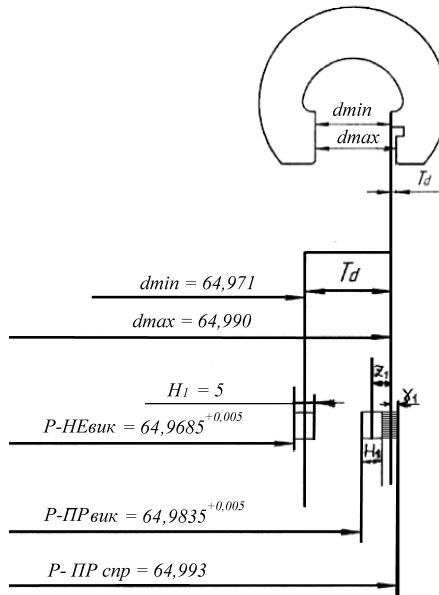


Рис. 11.14. Розмір робочої скоби

---

---

Виконавчий розмір непрохідної нової робочої калібр-скоби

$$P - HE_{\text{вик}} = P - HE_{\text{min}} \left( {}_0^{+H_1} \right)$$

$$P - HE_{\text{вик}} = 65,9865 \left( {}_0^{+0,005} \right)$$

Розміри робочої скоби наведено на рис. 11.14

### Контрольні питання

1. Що називається системою допусків і посадок?
2. Чим відрізняється система отвору і система вала?
3. Що таке одиниця допуску?
4. Для чого встановлені інтервали діаметрів?
5. Чим характеризується кожний квалітет? Чим відрізняються квалітети один від одного?
6. Як позначаються ряди основних відхилень?
7. Чому слід у першу чергу використовувати переважні поля допусків, як вони позначаються?
8. Як позначаються посадки в умовах багатосерійного, дрібносерійного виробництва і у тих випадках, коли невідомо, де будуть виготовлятися деталі?
9. Для чого використовуються граничні калібри?
10. Які граничні калібри використовуються для контролю отворів і валів?
11. Яке призначення робочих, приймальних і контрольних калібрів.

### Тести

1. З'єднання  $\varnothing 50 \frac{H8}{f7}$  має посадку в системі

- а) отвору;
- б) вала;
- в) комбіновану.

2. З'єднання  $\varnothing 30 \frac{P7}{h6}$  має посадку в системі

- а) отвору;
- б) вала;
- в) комбіновану.

---

---

3. З'єднання  $\varnothing 6 \frac{D9}{f8}$  має посадку в системі

- а) отвору;
- б) вала;
- в) комбіновану.

4. При контролі отвору пробкою в нього увійшли прохідна і непрохідна сторони. Це отвір

- а) придатний;
- б) брак поправний;
- в) брак непоправний.

5. На кресленні вказаний розмір деталі  $\varnothing 60 f7 \begin{pmatrix} -0,030 \\ -0,060 \end{pmatrix}$ , яка буде вироблятися на виробництві:

- а) багатосерійному;
- б) одиничному;
- в) будь-якому.

## 12. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ПОСАДОК ГЛАДКИХ З'ЄДНАНЬ

### 12.1. Вибір посадок з гарантованим зазором

Характер і умови рухомих з'єднань дуже різні. Наприклад, з'єднання шийки колінчастого вала – вкладиш; поршень-гільза; поршневий палець – втулка верхньої головки шатуна одного і того ж двигуна внутрішнього згоряння помітно відрізняються одне від одного характером взаємного переміщення деталей, температурним режимом, способом підведення мащення, напрямком дії навантажень та ін.

Єдиної методики вибору зазорів у рухомих з'єднань бути не може, і для кожного типу таких з'єднань треба використовувати свою методику вибору і розрахунку.

Найбільш поширеним типом рухомих з'єднань є підшипники ковзання, що працюють із мастильними матеріалами. Для забезпечення найбільшої довговічності треба, щоб при роботі сталого режиму спрацювання підшипників було мінімальним.

У процесі експлуатації машин відбувається спрацювання деталей рухомих з'єднань вузлів, агрегатів, яке значною мірою впливає на працездатність і експлуатаційну надійність машин, обладнання.

Динаміка процесу збільшення зазору  $S$  в часі  $t$  має вигляд кривої, зображеної на рис. 12.1.

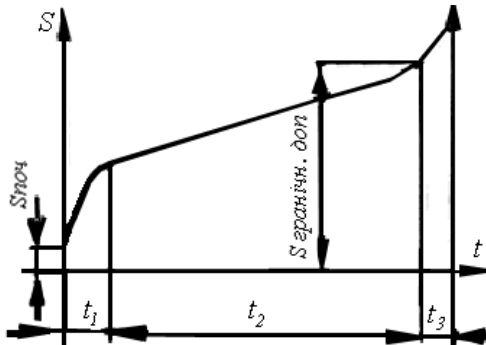


Рис. 12.1. Процес збільшення зазору в часі

У період припрацювання  $t_1$  спряження пристосовується до умов навантаження. Зазор зростає інтенсивно внаслідок змінання і стирання мікронерівностей, тобто згладжується шорсткість поверхонь отвору і вала, а також зрівнювання похибок форми та розташування.

У період нормального спрацювання  $t_2$  інтенсивність спрацювання постійна чи повільно зростає. Цей період становить найбільшу частину часу роботи з'єднання.

Досягнення граничного зазору  $S_{gp}$  вказує на кінець нормальної роботи і початок відновних робіт.

У період аварійного спрацювання  $t_3$  зазор різко зростає, що призводить, як правило, до неякісної роботи чи аварії. Під час експлуатації слід прагнути, щоб час досягнення граничного зазору був якомога більшим, тобто щоб був більший ресурс.

**Ресурс** – це сумарний наробіток виробу до його граничного стану. Ресурс припасованого з'єднання визначають за формулою

$$t_{pec} = \frac{S_{gp} - S_{ноч}}{2tg\alpha}, \quad (12.1)$$

де  $S_{gp}$  – граничне спрацювання спряження;

$S_{ноч}$  – початкове спрацювання (після припасування) спряження;

$tg\alpha$  – інтенсивність спрацювання спряження в процесі експлуатації.

Для вибору посадок використовують три методи.

---

---

**Метод аналогії (метод прецедентів)** полягає в тому, що конструктор відшукує в однотипних чи раніше сконструйованих машинах, що знаходяться в експлуатації, випадки застосування складової частини, подібної до проекрованої, і визначає аналогічні допуск і посадку.

**Метод подібності** є по суті розвитком методу аналогії. Він виник внаслідок класифікації деталей машин за конструктивними і експлуатаційними ознаками і випуску довідників з прикладами застосування посадок.

Для вибору допусків і посадок за цим методом треба встановити аналогію конструктивних ознак і умов експлуатації проекрованої складової частини з ознаками, наведеними в довідниках.

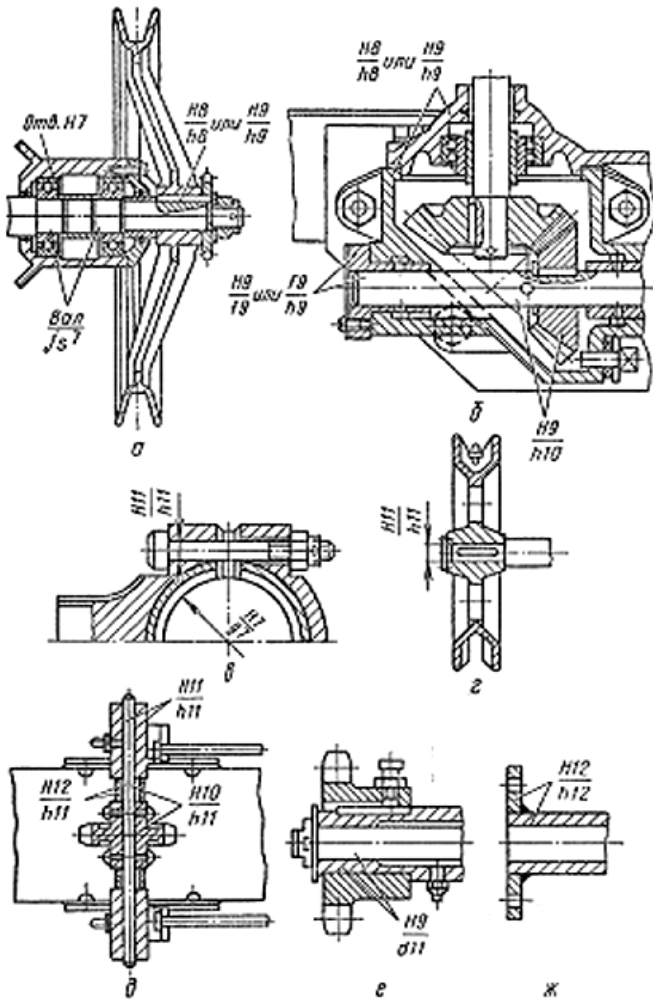
Однак, в указаних матеріалах конструктивні та експлуатаційні показники класифікують часто в загальному вигляді, не відображають кількісні значення параметрів, що ускладнює вибір посадок.

Вибір посадок методом аналогії (прецедентів, подібності) в випадках, коли конструктивні ознаки і умови експлуатації відповідають ознакам і умовам проектованого з'єднання, працездатність його буде забезпечена. Але, не можна утверджувати, що такі посадки будуть оптимальними.

Однак, для більшості з'єднань, де розміри деталей і посадки змінюються з часом у незначній мірі і не впливають на ресурс, або надійність роботи агрегату використання методу аналогії є доцільним. Приклади застосування посадок з зазором зображено на рис. 12.2.

**Розрахунковий метод** є найбільш обґрунтованим при виборі допусків і посадок тому, що методика розрахунку залежить від характеру умов експлуатації і конструктивних ознак, тому цей метод вибору посадок більш трудомісткий. Його застосовують для найбільш відповідальних з'єднань, які визначають надійність і ресурс механізму. Деталі таких з'єднань порівняно швидко змінюють розміри за рахунок зносу. Наприклад, для двигунів внутрішнього згорання це з'єднання “поршень-циліндр”, “колінчастий вал-вкладиш”, “палець-бобишки поршня-отвір верхньої головки шатуна” та ін.

Це з'єднання в першу чергу визначають ресурс двигуна, тому посадки призначають розрахунковим методом і перевіряють експериментально.



**Рисунок 12.2. Приклади застосування посадок із зазором:**  
 а – вузол кріплення; б – коробка передач льонозбиралки; в – нижня головка шатуна тракторного двигуна; г – зірочка тягового ланцюга; д – ведений валик колосового елеватора; е – контр-привід мотовила; ж – зварювальне з'єднання



## 12.2. Вибір посадок розрахунковим методом для з'єднання вал-підшипник ковзання

Порядок розрахунку такий:

1. Визначити найвигідніший зазор:

$$S_{opt} = 2\sqrt{hS}, \quad (12.2)$$

де  $hS$  – гідродинамічний фактор

$$hS = \frac{0,52d_n^2\omega\eta}{p} \frac{l}{d_n l}, \text{ м}^2; \quad (12.3)$$

де  $h$  – товщина масляного шару в місці найбільшого зближення поверхонь вала і отвору в робочому стані, м (рис. 12.2)

$S$  – зазор між валом і отвором у стані спокою, м;

$d_n$  – номінальний діаметр спряження, м;

$l$  – довжина спряження, м;

$\omega$  – кутова швидкість, рад/с;

$\eta$  – абсолютна в'язкість масла при робочій температурі, Па·с;

$p$  – середній питомий тиск в підшипнику, Па;

$$p = \frac{R}{d_n l}, \quad (12.4)$$

де  $R$  – навантаження на цапфу.

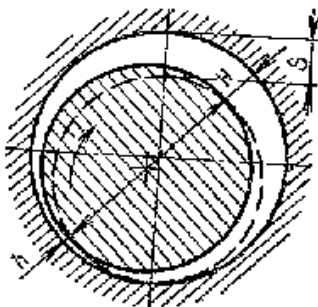


Рис. 12.3. Положення вала в з'єднанні вал-підшипник ковзання

У стані спокою під дією сил навантаження вал знаходиться в крайньому нижньому положенні (рис. 12.3, пунктирне коло). При обертанні сили тертя затягують мастило у вузьку клиноподібну щілину між валом і отвором. Під дією тиску, що виникає в клині при відповідному співвідношенні розмірів з'єднання, частоти обертання, в'язкості масла і тиску, вал нібито спливає, спираючись на масляний клин, і зміщується в бік обертання.

При цьому коефіцієнт тертя найменший, знос поверхонь найменший, а ресурс з'єднання найбільший. Тому такий зазор називається "оптимальним".

2. Визначають розрахунковий зазор з урахуванням спрацювання мікро нерівностей на поверхні контакту, яке в процесі припасування ставить 0,7 від початкової висоти мікронерівностей

$$S_{poz} = S_{omn} - 1,4 (R_{ZD} \text{ і } R_{zd}), \quad (12.5)$$

де  $R_{ZD}$  і  $R_{zd}$  висота нерівностей профілю отвору і вала, мкм;

3. Вибирають необхідну стандартну посадку, яка задовольняє умову:

$$S_{cp.cm} \leq S_{pozp} \quad (12.6)$$

де  $S_{cp.cm}$  – середній зазор стандартної посадки, мкм.

Стандартну посадку вибирають за ДСТУ ISO.

При виборі посадок підшипників ковзання перевагу надають посадкам переважаючого застосування. Посадки, в яких  $S_{min\ cm} = 0$ , вибрати не можна.

4. Перевіряють правильність посадки (достатність шару мастила):

а) визначають найменшу товщину шару мастила, який забезпечує умови рідинного тертя

$$h_{min} \geq R_{ZD} + R_{zd}. \quad (12.7)$$

Якщо обидві умови дотримано, посадка вибрана правильно. Якщо посадка не задовольняє другої умови, треба вибрати нову посадку і знову перевірити. Тільки якщо жодна з переважаючих посадок не задовольняє цих двох умов, вибираємо посадку із числа рекомендованих.

Для спряжень типу вал-підшипник ковзання оптимальні шорсткості знаходяться в межах  $R_z = 1,6 - 6,3$  мкм.

**Приклад.** Визначити стандартну посадку із зазором для таких умов:  $d_n = 0,095\text{м}$ ;  $l = 0,05\text{м}$ ;  $\omega = 50\text{ рад/с}$ ;  $\eta = 0,03\text{Па}\cdot\text{с}$ ;  $p = 55 \cdot 10^5\text{Па}$

$$R_{ZD} = R_{zd} = 3,2\text{ мкм}$$

**Розв'язання.** 1. Визначити оптимальний зазор за формулою

$$S_{opt} = 2\sqrt{h \cdot S},$$

$$h \cdot S = \frac{0,52d_n^2 \omega \eta}{p} \frac{l}{d_n + l} =$$

$$= \frac{0,52 \cdot (0,095)^2 \cdot 50 \cdot 0,03 \cdot 0,05}{55 \cdot 10^5 \cdot (0,095 + 0,05)} 440 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2 = 880 \text{ мкм}^2,$$

тоді  $S_{opt} = 2\sqrt{880} = 59,5 \text{ мкм}$

2. Розрахунковий зазор становить

$$S_{розр} = S_{opt} - 1,4(R_{ZD} + R_{zd}) =$$

$$= 59,5 - 1,4(3,2 + 3,2) = 50,5 \text{ мкм}$$

3. Стандартна переважаюча посадка, яка задовольняє умову

$$S_{ср.см} \leq S_{розр}, \text{ буде } \text{Ø}95 \frac{H7}{g6},$$

в якій  $S_{max см} = 69 \text{ мкм}$ ;

$S_{min см} = 12 \text{ мкм}$ ;

$$S_{ср.см} = \frac{69 - 12}{2} = 40,5 \text{ мкм},$$

тобто  $40,5 < 50,5 \text{ мкм}$

4. Перевірити правильність вибору посадки:

а) найменша товщина шару мастила за формулою

$$h_{min} = \frac{h \cdot S}{S_{max см} + 1,4(R_{ZD} + R_{zd})}, \quad (12.8)$$

$$h_{\min} = \frac{880}{37 + 1,4(3,2 + 3,2)} = 11,28 \text{ мкм}$$

б) умова (12.7) дотримується, бо  $11,28 > 3,2 + 3,2$

### 12.3. Розрахунок і вибір посадок з гарантованим натягом

Посадки з натягом застосовують у нерухомих з'єднаннях, причому відносна нерухомість спряжених деталей досягається за рахунок пружних деформацій, які виникають при запресуванні.

При передачі великих крутних моментів для розвантаження контактуючих поверхонь застосовують додаткові деталі (шпонки, гвинти, штифти). В цьому випадку крутний момент передається шпонкою, а натяг утримує деталь від осьового переміщення.

Натяг у нерухомій посадці повинен бути таким, щоб з одного боку, гарантував відносну нерухомість вала і отвору, а з другого – не спричиняв руйнування деталей при їх з'єднанні. Тому найбільший допустимий тиск визначається з умови, що спряження, які виникли в поверхневих шарах спряжених деталей не перевищують межі текучості матеріалів  $\sigma_m$ . Для матеріалів, які не мають явно вираженої межі текучості, розрахунок ведуть за межею міцності при розтягуванні  $\sigma_e$ .

При силовому способі складання з'єднань розрахункові натяги треба коригувати в бік збільшення внаслідок часткового змінання нерівностей поверхонь. На основі експериментальних даних змінання на кожній поверхні можна приймати  $0,6 R_z$ .

Методика розрахунку і вибору посадок з натягом з урахуванням конкретних умов роботи з'єднання, розмірів, матеріалу, питомого тиску, шорсткості поверхонь така:

1. Визначити найменший допустимий натяг (на підставі залежностей, відомих з вирішення задачі Ляме для тонкостінних циліндрів

$$N_{\min} = P_{\min} d_n \left( \frac{C_D + C_d}{E_D + E_d} \right), \quad (12.9)$$

де 
$$P_{\min} = \frac{P_{oc}}{\pi \cdot d_n \cdot l \cdot f} \quad (12.10)$$

– найменший питомий тиск у площині контакту вала і втулки при дії осьової сили  $Pa$ ;

$$P_{\min} = \frac{2M_{kp}}{\pi \cdot d_n \cdot l \cdot f} \quad (12.11)$$

– найменший питомий тиск в площині контакту при крутному моменті  $M_{kp}$ , Па;

$$P_{\min} = \frac{\sqrt{P_{oc}^2 + (2M_{kp} / d_n)^2}}{\pi \cdot d_n \cdot l \cdot f} \quad (12.12)$$

$P_{\min}$  – найбільший питомий тиск у площині контакту при одночасній дії осьової сили і крутного моменту  $M_{kp}$ , Па;

$d_n$  – номінальний діаметр спряження, м;

$l$  – довжина спряження, м;

$C_D$  і  $C_d$  – безрозмірні коефіцієнти, залежні від розмірів і матеріалу деталей з'єднання і визначаються за формулами

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{d_n}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_n}{D_2}\right)^2} + \mu_D; \quad (12.13)$$

$$C_d = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d_n}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d_n}\right)^2} - \mu_d, \quad (12.14)$$

де  $d_2$  – зовнішній діаметр втулки, м;

$d_1$  – діаметр отвору (для суцільного вала  $d=0$ ), м (рис.70);

$\mu_D$  і  $\mu_d$  – коефіцієнт Пуассона матеріалів втулки і вала;

$f$  – коефіцієнт тертя;

$E_D$  і  $E_d$  – модуль пружності матеріалу втулки і вала, Па.

Коефіцієнти Пуассона для матеріалів отвору  $\mu_D$  і вала  $\mu_d$  однакові: сталь – 0,3; чавун – 0,25; бронза – 0,35; латунь – 0,38.

2. Визначають розрахунковий натяг з урахуванням руйнування мікронерівностей на поверхні контакту при запресуванні

$$N_{розр} = N_{\min} + 1,2(R_{ZD} + R_{zd}), \quad (12.15)$$

$R_{ZD}$  і  $R_{zd}$  – висота нерівностей профілю втулки і вала, мкм.

3. Вибирають стандартну посадку за ДСТУ 2500-94, яка задовольняє умову

$$N_{\min cm} \geq N_{розр}, \quad (12.16)$$

де  $N_{\min cm}$  – найменший стандартний натяг вибраної посадки, мкМ;

4. Перевіряють міцність з'єднання:

а) визначають найбільший питомий тиск, який може виникати при вибраній посадці, Па:

$$P_{\max} = \frac{N_{\max cm} - 1,2(Rz_D + Rz_d)}{d_n \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right)}, \quad (12.17)$$

де  $N_{\max cm}$  – найбільший стандартний натяг обраної посадки, мкМ;

б) визначають найбільше припустиме напруження у втулці і валі, Па:

$$P_{npD} = 0,58 \sigma_{TD} \left[ 1 - \left( \frac{d_n}{d_2} \right)^2 \right], \quad (12.18)$$

$$P_{npD} = 0,58 \sigma_{Td} \left[ 1 - \left( \frac{d_1}{d_n} \right)^2 \right], \quad (12.19)$$

де  $\sigma_{TD}$  і  $\sigma_{Td}$  – межа текучості матеріалу втулки і вала, Па.

в) перевіряють міцність втулки і валу, дотримуючись умови:

$$P_{\max} \leq P_{npD}, \quad (12.20)$$

$$P_{\max} \leq P_{npd}, \quad (12.21)$$

**Приклад.** Вибрати стандартну посадку з натягом для таких умов:  $d_n = 0,15$ м;  $d_2 = 0,25$  м;  $l = 0,18$ м;  $M_{кр} = 4500$  Н·м; матеріал втулки і вала – сталь 40,  $f = 0,085$ ; шорсткість отвору  $Rz_D = 10$ мкМ; вала  $Rz_d = 6,3$  мкМ.

**Розв'язування.** Визначити найменший натяг за формулою 12.9, де  $P_{\min}$  визначається за формулою 12.11

$$P_{\min} = \frac{2 \cdot 4500}{3,14 \cdot (0,15)^2 \cdot 0,18 \cdot 0,095} = 9 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{0,15}{0,25}\right)^2}{1 - \left(\frac{0,15}{0,25}\right)^2} + 0,3 = 2,43;$$

$$C_d = 1 - 0,3 = 0,7 (\text{при } d_1 = 0);$$

$$E_D = E_d = 2,1 \cdot 10^{11}.$$

Тоді:  $N_{\min} = 9 \cdot 10^6 \cdot 0,15 \frac{(2,43 + 0,7)}{2,1 \cdot 10^{11}} = 20,1 \cdot 10^{-6} = 20,1 \text{ мкм}.$

2. Визначити розрахунковий натяг за формулою

$$\begin{aligned} N_{\text{розр}} &= N_{\min} + 1,2(R_{zD} + R_{zd}) = \\ &= 20,1 + 1,2(10 + 6,3) = 39,66 \text{ мкм} \end{aligned}$$

3. Стандартна переважна посадка, яка за ДСТУ 2500-94 задовольняє умову  $N_{\min \text{ см}} \geq N_{\text{розр}}$ , буде  $\emptyset 150 \frac{H7}{s6}$ , у якій  $N_{\min \text{ см}} = 60 \text{ мкм}$ ;

$N_{\min \text{ см}} = 125 \text{ мкм}$ , тобто  $60 > 39,66$

4. Перевірити на міцність:

а) найбільший питомий тиск для посадки  $\emptyset 150 \frac{H7}{s6}$

$$P_{\max} = \frac{[125 - 1,2(10 + 6,3)10^6]}{0,15 \left(\frac{2,43 + 0,7}{2,1 \cdot 10^{11}}\right)} = 47,92 \cdot 10^6 \text{ Па} = 47,96 \text{ МПа}$$

б) найбільше напруження у втулці і валу

$$P_{npD} = 0,58 \cdot 340 \cdot \left[1 - \left(\frac{0,15}{0,25}\right)^2\right]; \quad P_{npD} = 70,99 \text{ Мпа};$$

$$p_{npd} = 0,58 \cdot 340 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{0}{0,15} \right)^2 \right]; \quad p_{npd} = 197,2 \text{ Mна};$$

в) умова міцності втулки витримується

$$47,92 < 70,99.$$

Отже, посадка обрана правильно.

Якщо умова міцності не витримана для цієї посадки, то треба вибрати іншу посадку і знову перевірити на обидві умови.

Для спряжень, в яких крутний момент чи осьова сила передається додатковими деталями (гвинт, штифт, шпонка), нерухому посадку можна вибрати методом аналогії.

При одному і тому ж натягу міцність з'єднання залежить від матеріалу, розмірів деталей, шорсткості спряжень поверхонь, способу з'єднання деталей, швидкості і зусилля запресування та ін. Приклади з'єднань із натягом наведено на рис. 12.4. Тому важливо знати способи складання деталей і необхідне зусилля для їх виконання.

Зусилля запресування визначається

$$P_{запр} = p_{\max} \pi \cdot d_n l \cdot f. \quad (12.22)$$

Зусилля розпресування складає  $P_{розпр} = 1,2 \dots 1,5 P_{запр}$  (12.23)

У прикладі, який розраховувався зусилля запресування буде

$$P_{запр} = 47,92 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,15 \cdot 0,18 \cdot 0,085 = 345326 \text{ Н} = 345,3 \text{ кН}$$

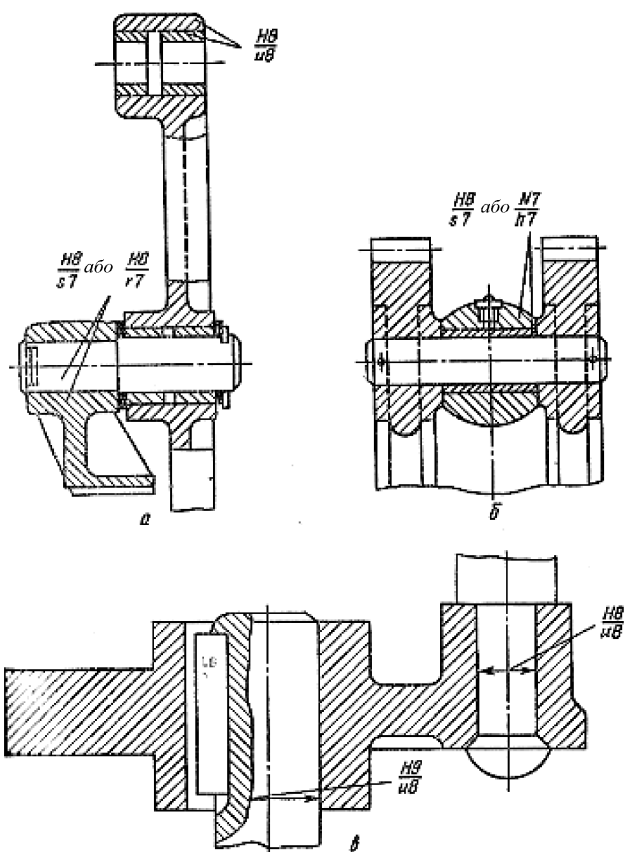
Прикладом особливо важких посадок є посадка маховик-вінець

(стандартні  $\frac{H8}{z8}$ ;  $\frac{H8}{x8}$ ); важких – вісь диференціала – маточина,

конічна шестерня тракторів МТЗ (стандартні  $\frac{H7}{v7}$ ;  $\frac{P7}{t7}$ ;  $\frac{H8}{u8}$  середні

стандартні  $\frac{H6}{z5}$ ;  $\frac{H7}{z6}$ ;  $\frac{H7}{s6}$ ;  $\frac{H8}{s7}$  легкі  $\frac{H6}{z5}$ ;  $\frac{H7}{p6}$ ).





**Рис. 12.4. Приклади застосування посадок з натягом:**  
 а – важіль привода очистки зернозбирального комбайна;  
 б – кривошипні шестерні сіного преса;  
 в – кривошип косарки

**Складання під пресом** – найбільш відомий і простий процес, який застосовують переважно при відносно невеликих натягах. Недоліками способу є нерівномірність пошкодження, потреба в потужних пресах.

---

---

**Складання способом термічного деформування** проводиться як при відносно великих, так і при малих натягах. Якість з'єднання достатньо висока за рахунок зменшення пошкодження деталей.

**Комбінований спосіб з'єднання** (нагрівання отвору і охолодження вала) застосовують у тому випадку, коли одного нагрівання чи охолодження недостатньо.

При використанні останніх двох способів нагрівання деталей (отворів) провадять в печах.

Для одержання нерухомих з'єднань з охолодженням вала до низької температури застосовують джерела холоду: вуглекислоту (температура випаровування – 78,5°C), рідинне повітря, кисень (температура випаровування –183-195°C), рідинний азот (температура випаровування – 195,8°C).

#### **12.4. Характеристика і вибір перехідних посадок**

Перехідні посадки використовують у тих випадках, коли потрібно забезпечити добре центрування у з'єднанні і легке розбирання при експлуатації.

Натяги в перехідних посадках відносно малі, тому, як правило, не потрібно перевіряти деталі на міцність. Зазори в перехідних посадках також відносно малі. Таким чином, перехідні посадки характеризуються або зазором або натягом.

Таким чином, перехідні посадки займають проміжне положення між рухомими (зазор) і нерухомими (натяг) посадками. Жодна з цих посадок не гарантує нерухомість з'єднання. Для забезпечення передачі крутного моменту і нерухомості з'єднання в цих посадках застосовують шпонки, штифти, гвинти та інші кріплення.

При застосуванні перехідних посадок являє інтерес виявлення практичних граничних (ймовірних) зазорів і натягів замість теоретичних, табличних. Розрахунок практичних граничних зазорів і натягів оснований на положеннях теорії ймовірності.

Розглянемо методику визначення ймовірних зазорів і натягів для перехідної посадки та їх відсоткове відношення на конкретному прикладі.

Дано з'єднання  $\text{Ø}60 \frac{H7}{n6} \left( \begin{array}{c} +0,030 \\ 0 \\ +0,039 \\ +0,020 \end{array} \right)$  Натяг може бути від 0 до

39 мкм, зазор – від 0 до 10 мкм. При усталеному процесі обробки розподіл деталей по полю допуску підлягає закону нормального

розподілу. Виявляється, що зазори і натяги, які утворюються при складанні таких деталей, розподіляються в полі допуску посадки (зазорів і натягів) також за законом нормального розподілу. При нормальному розподілі середні табличні зазори і натяги є центром групування зазорів і натягів. Граничні відхилення зазорів і натягів від центра групування дорівнюватимуть  $\pm 3\sigma$ , тобто  $6\sigma$ .

Враховуючи такі умови, одержимо:

$$\sigma_D = \frac{30}{6} = 5 \text{ мкм};$$

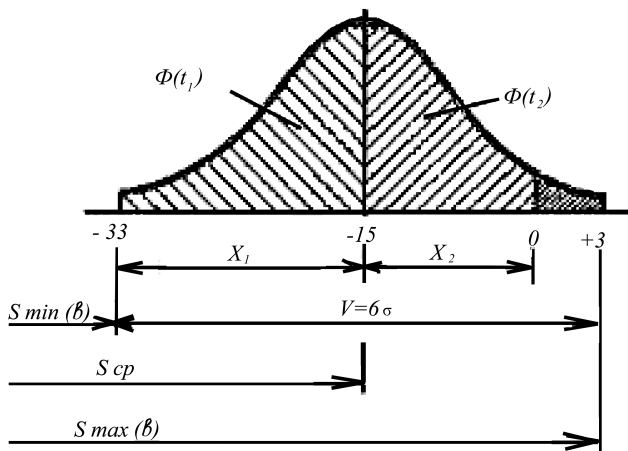
$$\sigma_d = \frac{19}{6} = 3,17 \text{ мкм}.$$

Згідно з правилами підсумовування випадкових величин середні квадратичні відхилення зазорів і натягів визначаємо за формулою

$$\sigma_{\text{noc}} = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2},$$

тобто, для нашого прикладу

$$\sigma_{\text{noc}} = \sqrt{5^2 + 3,17^2} = 5,92 \approx 6 \text{ мкм}$$



**Рис. 12.5.** Визначення відсоткового відношення зазору і натягу в перехідній посадці

На рис. 12.5 видно, що ймовірні зазори та натяги можуть бути знайдені із виражень

$$S_{\max(\epsilon)} = S_{cp} + 3\sigma_s = -14,5 + 3 \cdot 5,9 = +3,2 \text{ мкм};$$

$$S_{\min(\epsilon)} = S_{cp} - 3\sigma_s = -14,5 - 3 \cdot 5,9 = -32,2 \text{ мкм}.$$

Для того, щоб визначити ймовірність появи зазорів чи натягів у посадці, необхідно знайти величини  $\Phi(t_1)$  і  $\Phi(t_2)$ . Для цього розрахуємо коефіцієнти ризику

$$t_1 = \frac{x_1}{\sigma_s} = \frac{17,7}{5,9} = 3; \quad t_2 = \frac{x_2}{\sigma_s} = \frac{14,5}{5,9} = 2,49$$

Відповідні їм функції Лапласа знаходимо за таблицями (дод. 1). Ймовірність появи натягів в межах від  $-14,5$  до  $32,2$  дорівнює  $\Phi(t_1)=0,5$ . Ймовірність появи натягів в межах від  $-14,5$  до  $0$  дорівнює  $\Phi(t_2) = 0,4931$ . Отже, ймовірність появи натягів у даній посадці дорівнює  $P_N = \Phi_{(t_1)} + \Phi_{(t_2)} = 0,5 + 0,4931 = 0,9931$ , а ймовірність появи зазорів

$$P_S = 1 - P_N = 1 - (\Phi_{(t_1)} + \Phi_{(t_2)}) = 1 - (0,5 + 0,4931) = 0,0069.$$

Відсоткове співвідношення зазорів і натягів знаходимо із наступних виражень

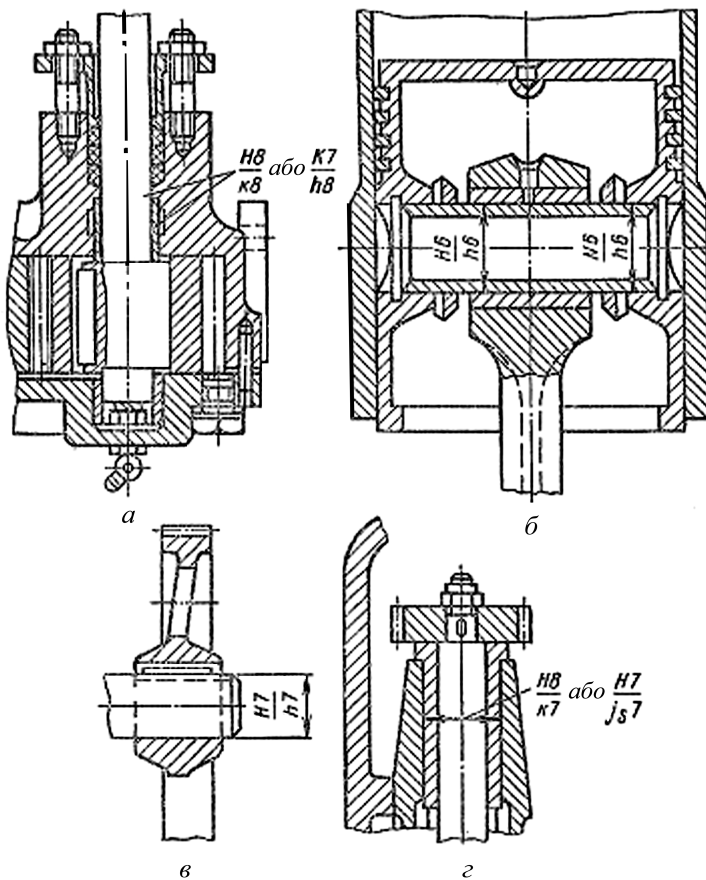
$$Q_N = 100P_N = 99,31\%; \quad Q_S = 100P_S = 0,69\%.$$

Таким чином, у посадці  $\frac{H7}{n6}$  практично всі з'єднання будуть мати натяг.

Типове співвідношення посадок з натягом і з зазором в різноманітних перехідних посадках наведено в табл. 15.

**Таблиця 15. Співвідношення зазорів і натягів в перехідних посадках**

Вид з'єднання	Співвідношення зазорів і натягів при посадці			
	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{J_s 6}$
З натягом	99%	80%	37%	1%
З зазором	1%	20%	63%	99%



**Рис. 12.6. Приклади перехідних посадок:**

- а – шестерний насос; б – вузол кривошипно-шатунного механізму тракторного двигуна; в – з'єднання зубчастого колеса з валом; г – вузол масляного насоса трактора

З таблиці видно, що при посадці  $\frac{H7}{k6}$  більша частина спряжень буде мати натяги і зазори, близькі до нуля. Отже, для центрування деталей найбільше поширення отримала саме ця посадка, котра є

---

---

посадкою переважаючого застосування. Посадку  $\frac{H7}{n6}$ , котра також відноситься до переважаючих, застосовують у тих випадках, коли, крім центрування, натяг необхідний і для утримування деталей від осьових переміщень. При частому розбиранні та збиранні спряжень рекомендується посадка  $\frac{H7}{js6}$ , яка є посадкою переважаючого застосування.

Приклади використання перехідних посадок подано на рис. 12.6.

## 12.5. Розрахунок і вибір посадок підшипників кочення

Підшипники кочення – найбільш поширені стандартні складові одиниці. Вони мають повну зовнішню взаємозамінність по приєднувальних поверхнях, які визначаються зовнішнім діаметром  $D$  зовнішнього кільця і внутрішнім діаметром  $d$  внутрішнього кільця. Встановлено п'ять класів точності підшипників, які позначаються (в порядку зростання точності) 0; 6; 5; 4; 2. Для більшості механізмів, машин загального призначення (трактори, автомобілі, сільськогосподарські і меліоративні машини) застосовують підшипники класу точності 0. Підшипники вищих класів точності застосовують при великих частотах обертання і у випадках, коли потрібна висока точність обертання вала (наприклад, металообробні верстати, прилади, авіаційні двигуни тощо). У гіроскопічних та інших прецизійних приладах і машинах використовують підшипники класу 2. Клас точності вказують через тире перед умовним позначенням підшипника, наприклад, 6-205. (6-й клас точності підшипника), за ISO ще додається літера P, наприклад, P5-208. Нульовий клас у позначеннях не вказується, наприклад, 208,50408, він є основним і прийнятий до випуску для всіх типів підшипників кочення.

Для скорочення номенклатури підшипники виготовляють з відхиленнями розмірів внутрішнього і зовнішнього діаметрів, які не залежать від посадки, за якою їх будуть монтувати. Для усіх класів точності верхнє відхилення приєднувальних діаметрів дорівнює нулю. Таким чином, діаметри зовнішнього кільця  $D_m$  і внутрішнього кільця  $d_m$  прийнято відповідно за діаметри основного вала і основного отвору, а отже, посадку з'єднання зовнішнього кільця з корпусом призначають у системі вала, а посадку внутрішнього кільця з валом – у системі отвору.

---

Проте поле допуску на діаметр отвору внутрішнього кільця розташоване в “мінус” від номінального розміру, а не в “плюс”, як у звичайного основного отвору, тобто не “в тіло” кільця, а вниз від нульової лінії (рис. 12.6).

При такому перевернутому розміщенні поля допуску отвору внутрішнього кільця для одержання з'єднань кілець з валом з невеликим натягом не потрібно використовувати спеціальні посадки, їх можна одержати, використовуючи для валів поля допусків *пб*, *тб*, *кб*, *jsб* чи ті ж поля допусків квалітетів 5 і 4. З'єднання валів, які мають одне із вказаних полів допусків (крім *jsб*, *js5*, *js4*) з внутрішніми кільцями підшипника дає посадку з невеликим гарантованим натягом.

Посадки з великими натягами не застосовують через тонкостінну конструкцію кілець підшипників і неможливість одержання в них необхідних робочих зазорів.

Для нормальної роботи підшипника треба, щоб між кільцями і тілами обертання був зазор.

При виготовленні підшипника застосовують початковий зазор, розмір якого точно регламентується. Після посадки підшипника на вал і в корпус початковий зазор зменшується, як правило, внаслідок деформації внутрішнього кільця після запресування його на вал.

При сталому робочому режимі і температурі в підшипнику створюється робочий зазор більший за посадочний. Саме від робочого зазору залежить довговічність підшипника. Але забезпечити робочий зазор в необхідних межах можливо, тільки правильно призначивши посадку і витримавши посадочний зазор необхідного розміру, який залежить від умов роботи підшипника.

Посадки підшипника кочення на вал і в корпус вибирають залежно від типу і розміру підшипника, умов його експлуатації, значення і характеру навантажень, що діють на нього, а також навантажень кілець. Розрізняють три види основних навантажень кілець: місцеве, циркуляційне і коливальне.

**При місцевому навантаженні** кільця радіальне навантаження постійного напрямку сприймається обмеженою ділянкою доріжки кочення.

**При циркуляційному навантаженні** кільця радіальне навантаження сприймається послідовно усім колом доріжки кочення. Наприклад, у підшипниках редукторів, коробок передач тракторів і автомобілів, коробок швидкостей верстатів має місцеве навантаження зовнішнього кільця і циркуляційне навантаження внутрішнього кільця.

**Коливальним навантаженням** називають такий вид навантаження, при якому рівнодійна навантаження постійного напрямку і обертового навантаження не робить повного оберту, а коливається в певних межах. Прикладом такого навантаження є навантаження шарикопідшипників колінчастих валів пускових двигунів. Такий вид навантаження є проміжним між місцевим і циркуляційним.

Посадки слід вибирати так, щоб кільце підшипника, яке обертається, було змонтоване з натягом, який виключав би можливість прокручування і прослизування цього кільця на посадочній поверхні вала чи отвору в корпусі у процесі роботи під навантаженням; друге кільце повинно бути встановлене з зазором. Тобто, при оберті вала з'єднання внутрішнього кільця з валом повинно бути нерухомим, а зовнішнє кільце встановлене в корпус з невеликим зазором: при нерухомому валі з'єднання внутрішнього кільця з валом повинно мати посадку з великим зазором, а зовнішнє кільце з корпусом – бути нерухомим. Посадки для підшипників кочення і приклади їх застосування рекомендуються ГОСТ 3325-85. Посадка із невеликим зазором дає можливість при запуску механізму в дію трохи повертатися. Таким чином починає приймати навантаження інше місце місцево навантаженого кільця. Під час нагрівання підшипника він стоїть нерухомо. Це дає можливість підвищити строк служби підшипника.

Посадка циркуляційно навантаженого кільця визначається за інтенсивністю радіального навантаження (табл. 16)

$$P_R = \frac{R}{(B - 2 \cdot r) \cdot 10^3} K_n \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де  $R$  – постійне за напрямком радіальне навантаження,  $\frac{\kappa H}{m^2}$ ;

$B$  – ширина кільця підшипника, м;

$r$  – радіус закруглення фаски кільця, м;

$K_n$  – динамічний коефіцієнт посадки, який залежить від навантаження (при перевантаженні до 150%, помірних поштовхах і вібрації  $K_n = 1$ , при перевантаженні до 300%, сильних поштовхах і вібрації  $K_n = 1,8$ );  $K_1$  – коефіцієнт, який враховує ступінь послаблення посадочного натягу при порожнистому валі і тонкостінному корпусі (для вала порожнистого  $K_1 = 1-3$ ; суцільного –  $K_1 = 1$ , для корпуса  $K_1 = 1-1,8$ );



$K_2$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження  $R$  між рядами роликів у дворядних конічних роликотідшипниках чи між подвоєними шарикотідшипниками за наявності осьового навантаження на опорі ( $K_2 = 1-2$ ; за відсутності осьового навантаження  $K_2 = 1$ ).

Допустиме значення  $P_R$ , розраховане по середніх значеннях посадочних натягів, наведено в табл. 16.

**Таблиця 16. Допустимі значення інтенсивності навантаження на посадочних поверхнях**

**Для валів**

Діаметр $d$ отвору внутрішнього кільця підшипника, мм		Навантаження $P_R$ , $\kappa H/m^2$ , для полів допусків			
понад	до	$j_5, j_6$	$k_5, k_6$	$m_5, m_6$	$n_5, n_6$
18	80	До 300	300...1400	1400-1600	1600-3000
80	180	До 600	600...2000	2000...2500	2500...4000
180	360	До 700	700...3000	3000...3500	3500...6000
360	630	До 900	900...3500	3500...5400	5400...8000

**Для корпусів**

Діаметр $D$ зовнішнього кільця підшипника, мм		Навантаження $P_R$ , $\kappa H/m^2$ , для полів допусків			
Понад	до	$K_6, K_7$	$M_6, M_7$	$N_6, N_7$	$P_7$
50	180	До 800	800...1000	1000...1300	1300...2500
180	360	До 1000	1000...1500	1500...2000	2000...3300
360	630	До 1200	1200...2000	2000...2600	2600...4000
630	1600	До 1600	1600...2500	2500...3500	3500...5500

Для місцево навантажених кілець посадки вибирають залежно від умов роботи і в першу чергу від характеру навантаження і розміру кілець (табл. 17) .

**Таблиця 17. Рекомендовані посадки для місцевого навантаження кілець підшипників**

Розмір посадочного діаметр, мм		Посадка			Тип підшипника
		навал	у корпус сталевий чи чавунної деталі		
понад	до			нероз'ємний	роз'ємний
Навантаження спокійне чи з помірними поштовхами і вібрацією, навантаження до 150%					
–	80	<i>h5, h6, g5</i>	<i>H6, M7,</i>	<i>H6, H7, H8,</i>	Усі типи крім штампованих голчастих
80	260	<i>g6, f6, js6</i>	<i>G6, G7</i>	<i>M6, M7, M8</i>	
Навантаження з ударами і вібрацією, навантаження до 300%					
–	80	<i>h5, h6</i>	<i>J<sub>s</sub>6, J<sub>s</sub>7</i>	<i>J<sub>s</sub>6, J<sub>s</sub>7</i>	Усі типи крім штампованих голчастих
80	260	<i>h5, h6</i>	<i>M6, M7</i>	<i>J<sub>s</sub>6, J<sub>s</sub>7</i>	

Визначення необхідного зусилля **запресовки** здійснюється за формулою

$$P_{занр} = 10 \cdot N_{\max} \cdot f_k \cdot f_e \cdot H, \quad (12.24)$$

де  $N_{\max}$  – найбільший натяг у з'єднанні “внутрішнє кільце-вал”, мкм;

$f_k$  – коефіцієнт, який залежить від тертя;

$f_k = 4$  – при запресуванні;

$f_k = 6$  – при випресуванні.

$f_e$  – коефіцієнт, який залежить від розмірів кільця

$$f_e = B \left[ 1 - \left( \frac{d}{d_0} \right)^2 \right], \quad (12.25)$$

де  $d_0$  – приведений зовнішній діаметр внутрішнього кільця, мм;

$$d_0 = d + \frac{D-d}{4}. \quad (12.26)$$

### Приклад

Підшипник №207, радіальне навантаження  $R = 4300\text{Н}$ , обертається вал, навантаження спокійне, з помірними поштовхами і вібрацією.

1. Встановлюємо характер навантаження кільця. За умовами задачі обертається вал. Зовнішнє кільце навантажене місцево, внутрішнє – циркуляційно.

2. Визначаємо параметри підшипника № 207 за каталогом (табл. В.1).

$$d = 35\text{мм}; D = 72\text{ мм}; B = 17\text{ мм}; r = 2\text{ мм}.$$

3. Вибраємо посадки. Розглянемо з'єднання "внутрішнє кільце-вал".

Для внутрішнього кільця, яке навантажене циркуляційно, знаходимо інтенсивність навантаження  $P_R$ , за формулою (12.23)

$$R_R = \frac{4300}{(17 - 2 \cdot 2) \cdot 10^{-3}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 330 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

У таблицях стандарту за отриманим значенням  $P_R$  і діаметра внутрішнього кільця вибираємо поле допуску вала  $k6$  (табл. 16). Знаходимо граничні відхилення для вала (табл. додатки А1, А2).

Відхилення для внутрішнього кільця вибираємо за стандартом залежно від його діаметра (додаток табл. В2). Таким чином, для з'єднання "внутрішнє кільце-вал" вибрані поля допусків і відхилення:

- внутрішнє кільце  $\text{Ø}35L0 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,012 \end{pmatrix}$
- вал  $\text{Ø}35k6 \begin{pmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{pmatrix}$

$$\text{Посадка } \text{Ø}35 \frac{L0}{k6}$$

Розглянемо з'єднання "отвір в корпусі – зовнішнє кільце", яке навантажене місцево. Поле допуску отвору в корпусі (нероз'ємному)

обирають залежно від умов роботи, конструкційних особливостей, діаметра кільця – (табл. 17); граничні відхили – (додаток табл. В.2).

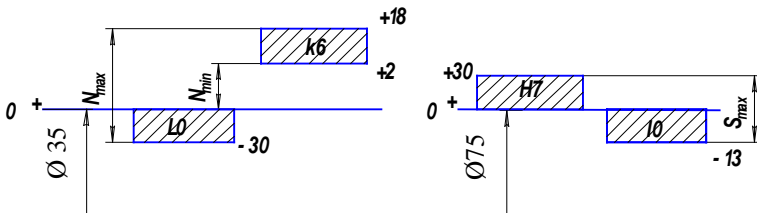
Відхили зовнішнього кільця знаходимо за стандартом (додаток табл. В.2).

Отвір у корпусі  $\varnothing 72H7\left(\begin{smallmatrix} +0,03 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$

Зовнішнє кільце  $\varnothing 72I0\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,013 \end{smallmatrix}\right)$

Посадка  $\varnothing 72 \frac{H7}{I0}$

4 . Будемо схему розташування полів допусків



5. Визначаємо зусилля, які необхідні для запресування і випресування підшипника за формулами (12.24)

$N_{max}$  – найбільший натяг у з’єднанні “внутрішнє кільце – вал” визначаємо за формулою (7.13) мкм;

$f_k$  – коефіцієнт, який залежить від тертя:  $f_k = 4$  – при запресуванні;

$f_k = 6$  – при випресуванні;

$f_e$  – коефіцієнт, який залежить від розмірів кільця, визначаємо за формулами (12.25 і 12.26);

$$N_{max} = 18 - (-12) = 30 \text{ мкм}$$

$$d_0 = 35 + \frac{72 - 35}{4} = 44,25 \text{ мм}$$

$$f_E = 17 \left( 1 - \left( \frac{35}{44,25} \right)^2 \right) = 6,4 \text{ мм}$$

$$P_{зандр.} = 10 \cdot 30 \cdot 6,4 \cdot 4 = 7680H = 7,6 \text{ кН}$$

$$P_{випр} = 10 \cdot 30 \cdot 6,4 \cdot 6 = 11,52 \text{ кН}$$

До шорсткості посадочних і торцевих поверхонь кілець підшипників, а також валів і корпусів ставляться підвищені вимоги.

Шорсткість посадочних поверхонь валів і отворів корпусів, спряжених з підшипниками кочення, не повинна значно відрізнятися від шорсткості поверхонь самих підшипників.

Для підшипників класу 0 при діаметрі спряжених поверхонь до 80 мм –  $R_a \leq 1,25$  мкм, а при діаметрі понад 80 мм –  $R_a \geq 2,5$  мкм. Ця вимога обумовлена тим, що нерівності посадочних поверхонь зрізаються і змінюються в процесі запресування, внаслідок чого зменшується натяг у нерухомих з'єднаннях кілець з валом чи корпусом.

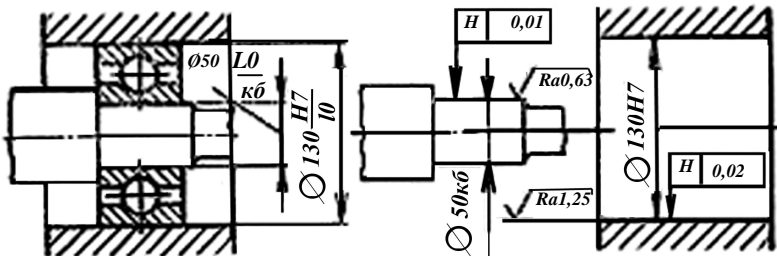
Умовне позначення посадок підшипників на складальних кресленнях і в галузевій нормативно-технічній документації вказують так: підшипник класу точності 0 на вал з номінальним діаметром 50 мм із симетричним розміщенням поля допуску  $k6$

$$\text{посадка} - \varnothing 50 \frac{L0}{k6}, \text{ чи } \varnothing 50 \frac{L0}{k6}.$$

Те ж, в отворі корпуса з номінальним діаметром 90мм, з полем допуску  $G7$ ;

$$\text{посадка} - \varnothing 130 \frac{G7}{10}.$$

Позначення посадок підшипників кочення на вал і в отвір корпуса відповідають вказаним на рис. 12.7.



**Рис. 12.7. Позначення посадок підшипників кочення на кресленнях**

---

---

## Контрольні питання

1. Який зазор у підшипнику ковзання зветься “оптимальним”?
2. Від яких параметрів з’єднання “вал-підшипник ковзання” залежить величина оптимального зазору?
3. Чим забезпечується нерухомість з’єднання в посадках з натягом?
4. Як можна перевірити міцність з’єднання для обраної посадки з натягом?
5. Як ураховується висота нерівностей поверхонь отвору і вала при виборі посадок із зазором і з натягом?
6. Які класи точності підшипників кочення встановлені і як вони позначаються на підшипниках?
7. Чому для циркуляційно навантажених кілець підшипника призначаються посадки з натягом?
8. Чому для місцево навантажених кілець підшипника призначаються посадки з зазором?
9. На які з’єднання посадки призначаються розрахунковим методом, а на які – методом аналогії?
10. Чому методом аналогії призначаються посадки з числа переважаючих?

## Тести

1. Умова, що забезпечує рідинне тертя у підшипниках кочення записується як:

а)  $h_{min} > R_{zD} + R_{zd}$ ;

б)  $P_{max} \leq P_{дон}$ ;

в)  $N_{min\ cm} \geq N_{розр}$ .

2. Вкажіть умову вибору посадки, що забезпечує нерухомість з’єднання:

а)  $P_{max} < P_{дон}$ ;

б)  $N_{min\ cm} \geq N_{розр}$ ;

в)  $h_{min} > R_{zD} + R_{zd}$ .

3. Вкажіть умову, що забезпечує міцність деталей нерухомого з’єднання

а)  $h_{min} > R_{zD} + R_{zd}$ ;

б)  $N_{min\ cm} \geq N_{розр}$ ;

в)  $P_{max} < P_{дон}$ .

---

---

4. Якщо обертається вал, внутрішнє кільце підшипника кочення має навантаження:

- а) циркуляційне;
- б) місцеве;
- в) коливальне.

5. Якщо обертається корпус, внутрішнє кільце підшипника кочення має навантаження

- а) циркуляційне;
- б) місцеве;
- в) коливальне.

### 13. РОЗРАХУНОК РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

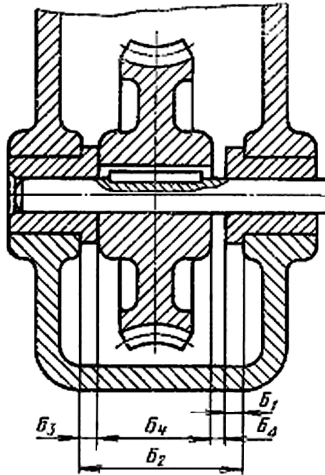
У попередніх главах розглядаються спряження, котрі складаються з двох деталей – вала і отвору. Однак у машин, механізмів і декотрих деталей взаємне розташування осей і поверхонь залежить звичайно від великої кількості розмірів деталей, що сполучаються. Визначити допуски на всі ці розміри важко, щоб вирішити це завдання, використовують розмірний аналіз. Встановлення раціональних допусків розмірів, що визначають взаємне положення осей і поверхонь, не тільки забезпечують взаємозамінність і полегшують процес складання, але, як правило, обумовлюють і експлуатаційні якості машини. Важливе значення має використання розмірного аналізу при ремонті машин, коли доводиться відновлювати первісне взаємне положення осей і поверхонь.

#### 13.1. Терміни і визначення

**Розмірним ланцюгом** називається сукупність розмірів, що безпосередньо беруть участь у розв'язанні поставленої задачі щодо визначення взаємного положення осей і поверхонь деталі, механізму або машини в цілому і утворюючих замкнений контур.

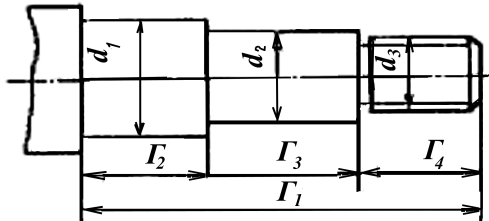
**Ланки** – розміри, що складають розмірний ланцюг.

Ланка, що є вихідною при постановці задачі і котра при збиранні або виготовленні деталі виявляється останньою, називається **замикальною**. Інші ланки називаються **складовими**. Ланки, що входять у розмірний ланцюг, прийнято позначати однією великою буквою українського алфавіту. На рис. 13.1 зображено вузол редуктора, розміри котрого складають розмірний ланцюг, визначаючий взаємне положення поверхонь і осей різних деталей.



**Рис. 13.1. Складальний розмірний ланцюг**

На рис. 13.2 зображено креслення ступінчастого валика, розміри якого також утворюють розмірний ланцюг, визначають взаємне положення поверхонь і осей однієї деталі.

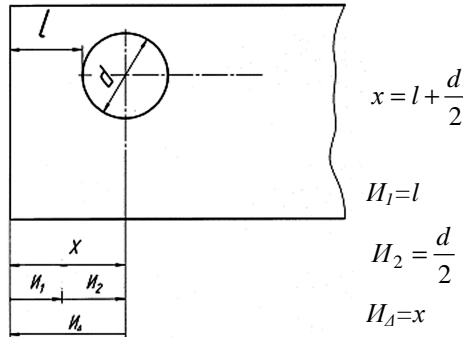


**Рис. 13.2. Подетальний розмірний ланцюг**

На рис. 13.3 зображено метод вимірювання відстані від краю деталі до осі отвору. Для того, щоб визначити цю відстань необхідно виміряти відстань від краю деталі до краю отвору, потім виміряти діаметр отвору. Шукана відстань визначиться за рівнянням

$$x = l + \frac{D}{2}$$





**Рис. 13.3. Вимірювальний розмірний ланцюг**

Всі три розміри, що входять в рівняння також утворюють розмірний ланцюг

Залежно від поставленого завдання розмірний ланцюг може бути складальним, технологічним або вимірювальним. Прикладом складального розмірного ланцюга може служити розмірний ланцюг редуктора (рис. 13.1).

Замикальною ланкою розмірного ланцюга редуктора буде розмір  $B_{\Delta}$  – зазор між черв'ячним колесом і опорною втулкою, так як він виявляється після виготовлення всіх деталей з розмірами  $B_1, B_2, B_3, B_4$  та їх зборки.

Прикладом технологічного розмірного ланцюга є розмірний ланцюг ступінчастого валика (рис. 13.2).

Яка з ланок розмірного ланцюга ступінчастого валика буде замикальною, залежить від технології його виготовлення. Якщо валик буде оброблений на початку під діаметр  $d_1$  на довжині  $G_1$ , потім під діаметр  $d_2$  на довжині  $(G_1 - G_2)$  і наприкінці, під діаметр  $d_3$  на довжині  $((G_1 - G_2 - G_3))$ , то останнім виявиться розмір  $G_4$ , котрий і буде замикальною ланкою. Якщо ж обробляти валик за допомогою копіювального пристрою і на початку отримати  $d_3$  на довжині  $G_4$ , потім  $d_2$  на довжині  $G_3$  і насамкінець,  $d_1$  на довжині  $G_2$ , то в цьому випадку останнім виявляється розмір  $G_1$ , що є сумою вже отриманих розмірів. При такій технології виготовлення розмір  $G_1$  буде замикальною ланкою розмірного ланцюга.

У вимірювальному розмірному ланцюгу (рис. 13.3) замикальною ланкою  $I_{\Delta}$  буде шуканий розмір  $x$ .

Складові ланки по-різному впливають на замикальну ланку. Наприклад, при збільшенні розміру  $B_2$  (рис. 13.1) і постійному розмірі інших ланок замикальна ланка буде збільшуватись. При збільшенні кожного з розмірів  $B_1$ ,  $B_3$  або  $B_4$  і постійному розмірі інших ланок замикальна ланка буде зменшуватись.

Ланки, з збільшенням котрих замикальна ланка також збільшується, називають **збільшувальними**. А ланки, з збільшенням яких замикальна ланка зменшується, називають **зменшувальними**.

Розмірні ланцюги можуть бути **лінійними**, ланки яких є лінійні розміри, і **кутовими**, ланки яких є кутові розміри. Розрізняють також плоскі та просторові розмірні ланцюги.

У плоских розмірних ланцюгах розміри можуть бути направлені під кутом один до одного, але розташовуватися в одній або декількох паралельних площинах, у просторових розмірних ланцюгах – у непаралельних площинах.

### 13.2. Порядок складання розмірних ланцюгів

Складання розмірного ланцюга починається з виявлення замикальної ланки, тобто розміру, до точності котрого ставляться технічні вимоги, оскільки він визначає якість роботи даного механізму або деталі. Такими розмірами є, наприклад, зазор між бичами барабану і декою в молотильному пристрої, зазор між стрижнем клапана і коромислом у газорозподільному механізмі та ін.

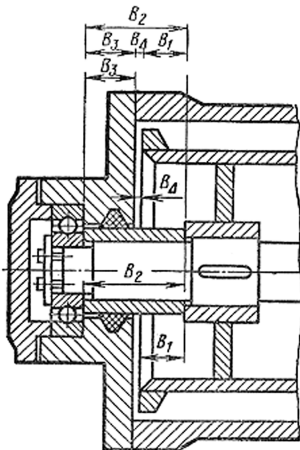


Рис. 13.4. Вузол кріплення барабана-лебідки  
(зверху – схема розмірного ланцюга)

---

---

На рис. 13.4 зображено креслення вузла кріплення барабана лебідки. Для того, щоб забезпечити нормальну роботу вузла, між торцем барабана і внутрішньою стінкою боковини корпусу лебідки повинен бути зазор, який є замикальною ланкою, оскільки він виявляється після складання всього вузла.

Для того, щоб побудувати розмірний ланцюг, що визначає розмір зазору  $B_{\Delta}$ , необхідно виявити всі складові ланки, тобто розміри, змінення котрих тягне за собою змінення зазору. Ми знаємо, що положення деталей у вузлі визначається поверхнями торкання сусідніх деталей, котрі прийнято називати складальними базами, ми виявляємо ці поверхні, а через них – розмірні зв'язки. Зазор  $B_{\Delta}$  залежить від взаємного положення внутрішньої стінки боковини корпусу лебідки і торця барабана. Барабан, в свою чергу, упирається внутрішньою втулкою в розпірну втулку, що знаходиться на валу. Розпірна втулка упирається у підшипник, що посаджений в корпус, і прижимается кришкою до торцевої поверхні отвору під підшипник в корпусі. Коротко ці розмірні зв'язки можна записати так:

зазор – барабан;  
барабан – втулка;  
втулка – підшипник;  
підшипник – корпус;  
корпус – зазор.

До розмірного ланцюга ввійдуть розміри між поверхнями торкання кожної з цих деталей: у барабана –  $B_1$ , у розпірної втулки –  $B_2$ , у корпусу –  $B_3$ . Розміри кілець підшипника не впливають на замикальну ланку, оскільки корпус і втулка торкаються його з однієї сторони. Потому необхідно впевнитися в тому, що кожний з цих розмірів впливає на замикальну ланку, і визначити, як він впливає. Якщо почергово збільшувати кожний розмір, вважаючи, що інші ланки в цей же час лишаються постійними, то розмір замикальної ланки у всіх випадках буде змінюватися. Але з збільшенням розміру  $B_2$ , зазор  $B_{\Delta}$  буде збільшуватися, а з збільшенням розмірів  $B_1$  і  $B_3$ , – зменшуватися. Отже, розмір  $B_2$ , – збільшувальна ланка, а розміри  $B_1$  і  $B_3$ , – зменшувальні ланки.

Для того, що побудувати схему розмірного ланцюга необхідно відкласти в верхній її частині розміри всіх збільшувальних ланок (у прикладі  $B_2$ ), а в нижній частині – зменшувальні ( $B_3$  та  $B_1$ ) та замикальної ланки. Якщо розмірний ланцюг – замкнутий контур, сума номінальних розмірів збільшувальних ланок повинна дорівнювати

сумі номінальних розмірів зменшувальних ланок і замикальної ланки, тобто для даного прикладу  $B_2 = B_3 + B_1 + B_\Delta$ , а в загальному вигляді

$$\sum_{i=1}^m A_i^{3\delta} = \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{3M} + A_\Delta$$

звідкіля маємо загальне рівняння розмірного ланцюга:

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^m A_i^{3\delta} - \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{3M}, \quad (13.1)$$

де  $A_\Delta$  – номінальний розмір замикальної ланки;

$\sum_{i=1}^m A_i^{3\delta}$  – сума номінальних розмірів збільшувальних ланок;

$\sum_{m+1}^{n-1} A_i^{3M}$  – сума номінальних розмірів зменшувальних ланок;

$m$  – кількість збільшувальних ланок;

$n$  – загальна кількість ланок розмірного ланцюга.

Для того, щоб рівняння розмірного ланцюга стало універсальним, тобто придатним для розрахунку лінійних, плоских і просторових ланцюгів, необхідно ввести поняття “передатне відношення”, що позначається літерою  $\xi$  (дзета) і дорівнює

$$\xi_i = \frac{\partial A_\Delta}{\partial A_i}, \quad (13.2)$$

тобто частинне похідне, що показує відношення похибки замикальної ланки, що визвано похибкою складальної ланки до похибки складальної ланки. Для лінійного ланцюга передатне відношення дорівнює:

- ✓ для збільшувальної ланки  $\xi_i^{3\delta} = +1$ ;
- ✓ для зменшувальних ланок,  $\xi_{ui}^{3M} = -1$ .

Отже, для будь-якого виду розмірного ланцюга

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_i A_i. \quad (13.3)$$

---

---

### 13.3. Методика досягнення точності замикальної ланки

Оскільки розмір замикальної ланки залежить від розмірів кожного з складових ланок, забезпечити точність замикальної ланки можна, лише визначивши необхідну точність кожної складової ланки. Тому, розраховувати розмірний ланцюг – це знайти допуски і граничні відхилення на усі ланки. У процесі конструювання при розрахунку розмірного ланцюга доводиться розв'язувати пряму і зворотну задачі.

**Пряма задача** полягає в визначенні допусків і граничних відхилень на всі складові ланки по відомому допуску і граничними відхиленнями замикальної ланки.

**Зворотна задача** полягає у визначенні допуску і граничних відхилів замикальної ланки за відомими допусками і граничними відхиленнями складальних ланок. Як правило, її використовують для перевірки чи правильно призначені допуски і граничні відхилення складальних ланок під час розв'язання прямої задачі. Обидві ці задачі, мета яких досягнення необхідної точності замикальної ланки, можна досягти, якщо вирішувати їх різноманітними методами: повної і неповної взаємозамінності; групової взаємозамінності; пригону; регулювання.

У розмірних ланцюгах, у котрих повинна бути забезпечена повна взаємозамінність, допуски розраховуються за методом максимуму-мінімуму.

**Метод розрахунку на максимум-мінімум** враховує тільки граничні відхилення ланок розмірного ланцюга і найбільш незручні їх сполучення.

Розмірні ланцюги, для яких виявляється економічно виправданим ризик можливого виходу за межі поля допуску замикальних ланок у частини виробів, розраховують імовірнісним методом (неповної взаємозамінності)

**Імовірнісний метод розрахунку** враховує розсіювання розмірів і імовірність різноманітних сполучень відхилів складових ланок розмірного ланцюга.

### 13.4. Розрахунок розмірного ланцюга методом повної взаємозамінності

Для того, щоб забезпечити повну взаємозамінність, необхідно навіть за найнесприятливіших сполученнях розмірів складових ланок отримати розміри замикальної ланки в заданих межах. Цей принцип лежить в основі методу розрахунку на максимум-мінімум.

Запишемо вираження максимального і мінімального значень замикальної ланки

$$A_{\Delta_{\max}} = \sum_{i=1}^m A_i^{\text{зб}} - \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{\text{зМ}}$$

$$A_{\Delta_{\min}} = \sum_{i=1}^m A_i^{\text{зМ}} - \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{\text{зб}}$$

Віднявши з першого рівняння друге і перегрупувавши члени правої частини з їх знаками, отримаємо

$$A_{\Delta_{\max}} - A_{\Delta_{\min}} = \sum_{i=1}^m A_i^{\text{зб}} - \sum_{i=1}^m A_i^{\text{зМ}} + \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{\text{зМ}} - \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{\text{зб}}$$

Різницею граничних розмірів є допуск, то можна записати

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m TA_i^{\text{зб}} + \sum_{m+1}^{n-1} TA_i^{\text{зМ}}$$

або

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} TA_i, \quad (13.4)$$

тобто допуск замикальної ланки дорівнює сумі допусків всіх складових ланок.

Це зрозуміло, тому що замикальна ланка виявляється останньою і всі відхилення розмірів складових ланок позначаються на відхилах розміру замикальної ланки. Саме тому його допуск не може бути меншим суми допусків складових ланок, а в крайньому випадку повинен дорівнювати цій сумі.

Щоб визначити відхили замикальної ланки, виразимо граничні розміри в вигляді алгебраїчної суми номінального розміру і граничного відхилу.

$$A_{\Delta} + ESA_{\Delta} = \left( \sum_{i=1}^m A_i^{\text{зб}} + \sum_{i=1}^m ESA_i^{\text{зб}} \right) - \left( \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{\text{зМ}} + \sum_{m+1}^{n-1} EIA_i^{\text{зМ}} \right);$$

після перегрупування

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m A_i^{\text{зб}} - \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{\text{зМ}} - A_{\Delta} + \sum_{i=1}^m ESA_i^{\text{зб}} - \sum_{m+1}^{n-1} EIA_i^{\text{зМ}}$$

Так як перші три члени правої частини разом дорівнюють 0, що впливає із загального рівняння розмірного ланцюга, отримаємо

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m ESA_i^{3\sigma} - \sum_{m+1}^{n-1} EIA_i^{3M}, \quad (13.5)$$

аналогічно

$$EIA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m EIA_i^{3\sigma} - \sum_{m+1}^{n-1} ESA_i^{3M} \quad (13.6)$$

Ці рівняння можна записати в вигляді, більш зручному для розрахунку розмірного ланцюга, виразивши граничні відхилення через координату середини поля допуску або, іншими словами, через середнє відхилення

$$EMA_i = (ESA_i + ELA_i) / 2. \quad (13.7)$$

Отже,

$$ESA_i = EMA_i + 0,5TA_i \quad (13.8)$$

$$ELA_i = EMA_i + 0,5TA_i \quad (13.9)$$

Аналогічно для замикальної ланки

$$ESA_{\Delta} = EMA_{\Delta} + 0,5TA_{\Delta}; \quad (13.10)$$

$$ELA_{\Delta} = EMA_{\Delta} + 0,5TA_{\Delta}. \quad (13.11)$$

Для того, щоб отримати формулу, що визначає середнє відхилення замикальної ланки, запишемо вираження (13.5; 13.6) через середнє відхилення і половини полів допусків

$$\begin{aligned} & EMA_{\Delta} + 0,5TA_{\Delta} = \\ & = \sum_{i=1}^m EMA_i^{3\sigma} + 0,5 \sum_{i=1}^m TA_i^{3\sigma} - \sum_{m+1}^{n-1} EMA_i^{3M} + 0,5 \sum_{m+1}^{n-1} TA_i^{3M}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & EMA_{\Delta} - 0,5TA_{\Delta} = \\ & = \sum_{i=1}^m EMA_i^{3\sigma} - 0,5 \sum_{i=1}^m TA_i^{3\sigma} - \sum_{m+1}^{n-1} EMA_i^{3M} - 0,5 \sum_{m+1}^{n-1} TA_i^{3M} \end{aligned}$$

Склавши ці рівності і поділивши на 2, отримаємо

$$EMA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m EMA_i^{3b} - \sum_{m+1}^{n-1} EMA_i^{3m}, \quad (13.12)$$

а для будь-якого виду розмірних ланцюгів

$$EMA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_i EMA_i. \quad (13.13)$$

Таким чином, ми отримали рівняння, необхідні для розв'язання зворотної задачі.

Більш складна – пряма задача, коли за відомим допуском і відхиленням замикальної ланки треба знайти допуски і відхилення всіх складових ланок. Оскільки допуск на замикальну ланку повинен дорівнювати сумі допусків всіх складових ланок, суть задачі зводиться до того, як розподілити допуск замикальної ланки між всіма складовими ланками. Пряму задачу можна вирішити двома способами: способом рівних допусків і способом призначення допусків одного квалітету.

При способі рівних допусків, коли складові ланки близькі за значенням і можуть бути виконані з однаковою точністю,  $TA_1 = TA_2 = \dots = TA_{n-1}$  відтак  $TA_{\Delta} = (n-1) TA_i$ , звідки

$$TA_i = \frac{TA_{\Delta}}{n-1},$$

тобто допуск будь-якої складової ланки дорівнює допуску замикальної ланки, поділеному на кількість складових ланок.

Цей спосіб простий, але не враховує різницю в номінальних розмірах складових ланок і пов'язану з нею різницю в технологічній складності отримання розмірів з заданими допусками. Тому спосіб рівних допусків застосовують тільки для орієнтованих розрахунків і попередньої оцінки точності виготовлення складових ланок. Для того, щоб складність отримання заданої точності всіх ланок була приблизно однаковою, необхідно призначати допуски в одному квалітеті, а для цього треба допуск замикальної ланки розподілити пропорційно одиниці допуску кожної складової ланки. Допуск ланки  $TA_i = k \cdot i_{Ai}$ . Підставивши це значення допуску в рівняння 13.4



$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} TA_i,$$

отримасмо

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} k \cdot i_{A_i} = k \sum_{i=1}^{n-1} i_{A_i}$$

Так як ми хочемо призначити допуски одного квалітету, число одиниць допуску у всіх ланок повинно бути однаковим.

Звідки

$$k = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{n-1} i_{A_i}} \quad (13.14)$$

По отриманому числу одиниць допуску, або коефіцієнту точності  $k$  за табл. 11 знаходять квалітет, за яким необхідно призначити допуски на усі ланки.

Якщо коефіцієнт точності  $k$  не підходить близько ні до жодного квалітету, а має якесь середнє значення, можна на частину ланок, більш складних у виготовленні, призначити допуски по найближчому грубому квалітету, а на інші ланки – по більш точному. При цьому необхідно дотримуватися умови

$$\sum_{i=1}^{n-1} TA_i \leq TA_{\Delta} \quad (13.15)$$

Граничні відхили бажано призначити в співвідношенні з правилами, що вироблені практикою стосовно до існуючих технологічних процесів виготовлення деталей. Для розмірів охоплюючих поверхонь (діаметр отвору, ширина паза та ін.) відхили призначають як для основного отвору  $H_{(0}^{+IT})$ , тобто  $EIA=0$ . Для розмірів охоплюваних поверхонь (діаметр вала, товщина виступу та ін.) відхили призначають як для основного вала  $h_{(-IT}^0)$ , тобто  $ESA_i=0$ . Для таких розмірів як глибина отвору, ширина уступу, міжцентрова відстань, граничні відхили приймають симетричними  $\pm IT/2$ .

Призначені відхили повинні задовольняти наступним умовам:

$$\sum_{i=1}^m ESA_i^{3\delta} - \sum_{m+1}^{n-1} EIA_i^{3M} \leq ESA_{\Delta}; \quad (13.16)$$

$$\sum_{i=1}^m EIA_i^{3\delta} - \sum_{m+1}^{n-1} ESA_i^{3M} \geq EIA_{\Delta}. \quad (13.17)$$

Якщо ці умови не виконуються, корегування здійснюють за рахунок ланки, що найбільш просто виготовляється й вимірюється. Якщо шляхом корегування допуск можна розширити, його проводять за рахунок ланки, найбільш складної по виготовленню. При відомих допусках замикальної ланки і всіх (крім одного) складових ланок допуск корегуючої ланки

$$TA_{кор} = TA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{n-2} ITA_i \quad (13.18)$$

Якщо допуск з цього рівняння виходить з від'ємним знаком або занадто малим, слід застосовувати більш точний квалітет для однієї або декількох складових ланках.

Середній відхил корегуючої ланок знаходять з рівняння 13.10, коли корегуюча ланка збільшувальна

$$EMA_{кор}^{3\delta} = \sum EMA_i^{3M} - \sum EMA_i^{3\delta} + EMA_{\Delta} \quad (13.19)$$

та коли корегуюча ланка зменшувальна

$$EMA_{кор}^{3M} = \sum EMA_i^{3\delta} - \sum EMA_i^{3M} - EMA_{\Delta} \quad (13.20)$$

Верхній і нижній відхил корегуючої ланки знаходимо за формулами (13.10; 13.11).

**Приклад.** Розрахуємо допуски розмірного ланцюга черв'ячного редуктора (рис. 13.1) за умови

$$B_1=5 \text{ мм}; \quad B_2=55 \text{ мм}; \quad B_3=5 \text{ мм}; \quad B_4=45 \text{ мм};$$

Зазор між черв'ячним колесом і втулкою повинен знаходитись у межах від 0,1 до 0,45 мм, тобто

$$B_{\Delta} = 0_{+0,10}^{+0,45} \text{ мм.}$$

Визначаємо коефіцієнт точності розмірного ланцюга

$$k = \frac{TB_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{n-1} i_{B_i}} = \frac{350}{0,83+1,90+0,83+1,71} = 66,4$$

Значення  $i_{B_i}$  знайдені за табл. 10.

За коефіцієнтом точності розмірного ланцюга  $k = 66,4$  встановлюємо допуски на усі складові ланки по *IT10* (табл. 11), у котрого  $k_{cm} = 64$ . Для охоплюючих розмірів  $B_1$ ,  $B_3$ ,  $B_4$  відхили визначаємо, як для основного вала

$$B_1 = 5_{-0,048} \text{ мм}; \quad B_3 = 5_{-0,048} \text{ мм}; \quad B_4 = 45_{-0,1} \text{ мм}$$

Як корегуючу ланку обираємо  $B_2$ , тому що для його контролю використовувати звичайні калібри важко. Отже, відхилення розміру  $B_2$  розраховуємо як для корегуючої збільшувальної ланки за формулами

$$TB_{2 \text{ кор}} = TB_{\Delta} - \sum_{i=1}^{n-2} TB_i;$$

$$TB_{2 \text{ кор}} = 350 - (48 + 48 + 100) = 154 \text{ мм}$$

$$EMB_{2 \text{ кор}} = EMB_1 + EMB_3 + EMB_4 + EMB_{\Delta}$$

За формулою ( 13.19 ) визначаємо

$$EMB_1 = -24 \text{ мкм}; \quad EMB_3 = -24 \text{ мкм};$$

$$EMB_4 = -50 \text{ мкм}; \quad EMB_{\Delta} = +275 \text{ мкм}$$

Отже,  $EMB_{2 \text{ кор}} = (-24 - 24 - 50) + 275 = +177 \text{ мкм}$

$$ESB_{2 \text{ кор}} = 177 + 0,5 \cdot 154 = +254 \text{ мкм}$$

$$EIB_2_{кор} = 177 - 0,5 \cdot 154 = +100 \text{ мкм}$$

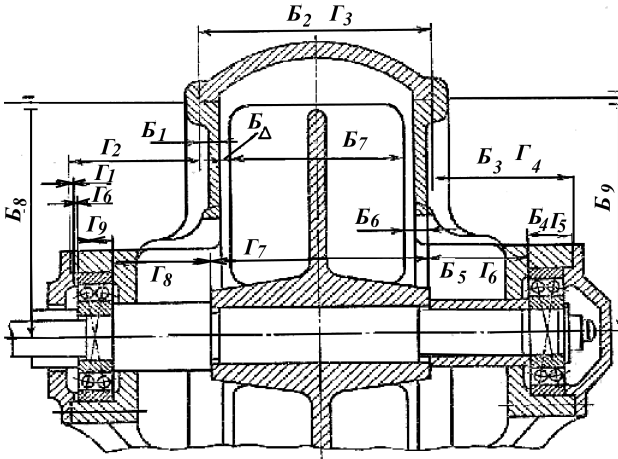
Перевіряємо правильність призначення граничних відхилів згідно з умовою (13.16, 13.17)

$$ESB_{\Delta} = 254 - (-48 - 48 - 100) = +450 \text{ мкм}$$

$$EIB_{\Delta} = 100 - (0 + 0 + 0) = +100 \text{ мкм}$$

Обидві умови витримані, отже граничні відхилення призначені правильно.

У розмірний ланцюг часто входять розміри, допуски на котрі вже відомі і змінити їх неможливо. До таких ланок відносяться в першу чергу розміри стандартних деталей (болтів, гайок, шайб, кілець підшипників кочення та ін.). Розміри вказаних деталей, що входять до розмірного ланцюга, будуть впливати на розмір замикальної ланки, тому при розрахунках допусків складових ланок необхідно враховувати і вже відомі допуски ланок.



**Рис. 13.5. Розмірні ланцюги вузла вентилятора (приклад зв'язаних розмірних ланцюгів)**

Часто одні і ті ж розміри деталей входять в різні розмірні ланцюги. Наприклад, на рис. 13.5 зображено два розмірні ланцюги вузла вентилятора, причому ланки  $B_2 \Gamma_3$ ,  $B_3 \Gamma_4$ ,  $B_5 \Gamma_6$  входять в обидва

розмірні ланцюги. Такі розмірні ланцюги називаються зв'язаними. Розрізняють паралельно, послідовно зв'язані і ланцюги з комбінованим зв'язком. Після розрахунку одного з цих розмірних ланцюгів допуски на вказані ланки будуть визначені, і при розрахунку другого розмірного ланцюга їх можна врахувати як відомі. Для того, щоб запобігти в цьому випадку повторних розрахунків, розрахунок слід починати з розмірного ланцюга, до якого ставляться найбільш високі вимоги до точності замикальної ланки.

При розрахунку розмірних ланцюгів методом повної взаємозамінності відомі допуски ланок враховуються наступним чином: допуск замикальної ланки дорівнює сумі допусків всіх складових ланок, зокрема і відомих. Але так як змінити відомі допуски ланок неможливо, то частину допуску замикальної ланки, що залишилася, слід розподілити між іншими ланками. Виходячи з того, коефіцієнт точності розмірного ланцюга з відомими допусками, що є у наявності, можна визначити за формулою

$$k = \frac{TA_{\Delta} - \sum_{q+1}^{n-1} TA_{i \text{ від}}}{\sum_{i=1}^q i_{A_{i \text{ вим}}}}, \quad (13.21)$$

де  $\sum_{q+1}^{n-1} TA_{i \text{ від}}$  – сума відомих допусків складових ланок;

$\sum_{i=1}^q i_{A_{i \text{ вим}}}$  – сума одиниць допуску всіх інших (що визначаються)

складових ланок;

$q$  – кількість ланок, для котрих визначаються допуски.

Подальший розрахунок проводять у звичайній послідовності.

Переваги розрахунку розмірного ланцюга методом повної взаємозамінності полягають у спрощенні процесу складання і можливості його точного нормування, а також у створенні більш сприятливих умов для спеціалізації і кооперування виробництва. До недоліків цього методу слід віднести отримання зайво жорстких, технологічно важко виконуваних допусків, неможливість застосування його для розрахунку ланцюгів високої точності. Виходячи з цієї характеристики методу повної взаємозамінності, можна визначити область його застосування: попередній розрахунок допусків;

---

---

розрахунок допусків у дрібносерійному і індивідуальному виробництві; розрахунок розмірних ланцюгів невисокої точності.

### 13.5. Імовірнісний метод розрахунку розмірних ланцюгів

При розрахунку розмірних ланцюгів на максимум-мінімум виходячи з того, що навіть при найнесприятливішому сполученні розмірів ланок (наприклад, коли всі збільшувальні ланки будуть найбільшими, а всі зменшувальні ланки будуть найменшими) замикальна ланка повинна знаходитися в межах поля допуску. Цим досягається повна (або абсолютна, як її іноді називають) взаємозамінність. Але допуски при цьому необхідно призначити необґрунтовано малі, що значно здорожчує виготовлення деталей. Необґрунтованість передумов розрахунку розмірних ланцюгів методом повної взаємозамінності, або методом розрахунку на максимум-мінімум, пояснюється тим, що в партії виробів імовірність одночасного попадання в один вузол найбільших розмірів всіх збільшувальних і найменших розмірів всіх зменшувальних ланок надзвичайно мала і з збільшенням кількості ланок в розмірному ланцюгу все більш зменшується. Якщо в механізмі є розмірний ланцюг, що складається з 10 ланок, то імовірність появи найгірших сполучень дорівнює 0,0000000000002. Практично це означає, що навіть при випуску підприємством одного мільйона таких механізмів у день найгірше сполучення буде зустрічатися в середньому один раз в 10...15 тисяч років. З прикладу видно, що для багатоланкових розмірних ланцюгів теоретично необґрунтовано застосовувати метод розрахунку на максимум-мінімум.

Тому в багатосерійному і масовому виробництві при розрахунку розмірних ланцюгів необхідно використовувати основні положення теорії імовірностей. Розмір замикальної ланки можна розглядати як складну випадкову подію, що залежить від декількох незалежних випадкових подій – розмірів складових ланок. Тому на підставі закону складання випадкових незалежних подій середньоквадратичний відхил розміру замикальної ланки

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2 + \dots + \sigma_{A_{n-1}}^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \sigma_{A_i}^2},$$

де  $\sigma_{A_i}$  – середньоквадратичний відхил розмірів складових ланок.

Якщо прийняти, що закон розподілення розмірів складових ланок – нормальний і крива розподілення симетрична відносно середини поля допуску, а поле розсіювання  $V$  дорівнює допуску  $T$ , то визначивши із вираження  $t = \frac{T}{2\sigma}$  середньоквадратичний відхил через допуск і коефіцієнт ризику  $\sigma_{A_i} = \frac{TA_i}{2t_i}$ , можна записати

$$\frac{TA_{\Delta}}{2t_{\Delta}} = \sqrt{\left(\frac{TA_1}{2t_1}\right)^2 + \left(\frac{TA_2}{2t_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{TA_{n-1}}{2t_{n-1}}\right)^2}.$$

Приймаємо коефіцієнт ризику для всіх складових ланок однаковим і таким, що дорівнює  $t_n = 3$ , тобто будемо вважати, що при отриманні всіх розмірів складових ланок обрано технологічний процес, близький до оптимального, отже, означивши відношення коефіцієнта ризику складових ланок до коефіцієнта ризику замикальної ланки через  $\eta$

$$\eta = \frac{t_n}{t_{\Delta}}, \quad (13.22)$$

остаточно отримаємо

$$TA_{\Delta} = \frac{1}{\eta} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} TA_i^2} \quad (13.23)$$

Коефіцієнт  $\eta$ , що дорівнює відношенню коефіцієнтів ризику складових і замикальних ланок, визначає імовірність появлення браку по замикальній ланці. Якщо ж імовірнісний відсоток браку по замикальній ланці заданий, то через коефіцієнт  $\eta$  знаходять можливість розширення полів допусків складових ланок. Допуски складових ланок за відомим допуском замикальної ланки визначають методом, аналогічним методу повної взаємозамінності, але коефіцієнт точності розмірного ланцюга знаходять з урахуванням складання розмірів складових ланок, як випадкових і незалежних подій. Якщо значення допусків складових ланок, що виражені через одиницю допуску і кількість одиниць допуску, підставити в формулу (13.21), то отримаємо

$$TA_{\Delta} = \frac{1}{\eta} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} k_p^2 \cdot i_{A_i}^2} = \frac{k_p}{\eta} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} i_{A_i}^2},$$

звідки

$$k_p = \frac{TA_{\Delta} \eta}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} i_{A_i}^2}}, \quad (13.24)$$

де  $k_p$  – коефіцієнт точності розмірного ланцюга, отриманий імовірнісним методом (так як цей метод дозволяє розширити допуски у зрівнянні з методом розрахунку на максимум-мінімум, добавлений індекс “р”).

За коефіцієнтом  $k_p$  визначають, за яким квалітетом повинні бути виготовлені всі складові ланки.

Коефіцієнт точності обраного квалітету, як правило, не дорівнює розрахованому і може бути більшим за нього, необхідно визначити імовірнісний відсоток браку за замикальною ланкою для технологічних ланцюгів, або відсоток очікуваної перебірки вузлів для складальних розмірних ланцюгів. Для цього визначаємо фактичний коефіцієнт  $\eta_{\phi}$

$$\eta_{\phi} = \frac{1}{TA_{\Delta}} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} TA_i^2}; \quad (13.25)$$

розраховуємо фактичний коефіцієнт ризику по замикальній ланці

$$t_{\Delta_{\phi}} = \frac{t_n}{\eta_{\phi}}, \quad (13.26)$$

по якому за таблицею (дод. табл. Е1) знаходимо величину функції Лапласа  $\Phi_{(t_{\Delta_{\phi}})}$  і розраховуємо фактичний відсоток браку за замикальною ланкою

$$Q_{\text{бр}_{\Delta}} = (1 - 2 \cdot \Phi_{(t_{\Delta_{\phi}})}) \cdot 100 \%. \quad (13.27)$$

Якщо відсоток браку не перевищує прийнятий відсоток за допустимий, величина допусків встановлена правильно. Граничні відхили на складові ланки, крім корегуючої, як і при методі max-min призначаються за технологічним принципом.



Потім за допомогою корегуючої ланки, для якої граничні відхилення знаходять через середні відхилення складових ланок забезпечують технічні умови на замикальну ланку.

**Приклад.** Для того, щоб оцінити економічну ефективність імовірнісного методу розрахунку розмірних ланцюгів, розрахуємо допуски розмірного ланцюга черв'ячного редуктора (рис. 13.1) цим методом і порівняємо результати з розрахунком на максимум-мінімум. Для умов

$$B_1 = 5 \text{ мм}, B_2 = 55 \text{ мм}, B_3 = 5 \text{ мм}, B_4 = 45 \text{ мм} \text{ і}$$

$$B_{\Delta} = 0_{+0,10}^{+0,45} \text{ мм}$$

задаємося відсотком браку за замикальною ланкою  $Q_{\Delta} = 0,27\%$ , тобто практично близьким до нуля.

Розраховуємо функцію Лапласа

$$\Phi_{(t_{\Delta})} = \frac{100 - Q_{\Delta}}{200} = \frac{100 - 0,27}{200} = 0,49965$$

і за табл. дод. Е 1 знаходимо відповідне значення  $t_{\Delta} = 3$ . Отже,

$$\eta = \frac{t_n}{t_{\Delta}} = \frac{3}{3} = 1$$

Визначаємо коефіцієнт точності розмірного ланцюга із вираження (13.22)

$$k_p = \frac{350 \cdot 1}{\sqrt{0,83^2 + 1,9^2 + 1,6^2 + 0,83^2}} = 127$$

За коефіцієнтом точності розмірного ланцюга  $k_p = 127$  визначаємо допуски на всі складові ланки за якітетом *IT12*, у якого  $k_{cm} = 160$   
 $TБ_1 = 120$  мкм;  $TБ_2 = 300$  мкм;  $TБ_3 = 120$  мкм;  $TБ_4 = 250$  мкм.

Перевіряємо правильність призначення допусків за фактичним відсотком браку

$$\eta_{\phi} = \frac{1}{TБ_{\Delta}} \sqrt{TБ_1^2 + TБ_2^2 + TБ_3^2 + TБ_4^2}$$

$$\eta_{\phi} = \frac{1}{350} \sqrt{120^2 + 300^2 + 120^2 + 250^2} = 1,21$$

$$t_{\Delta\phi} = \frac{3}{1,21} = 2,48 \quad \Phi_{(t_{\Delta\phi})} = 0,4934$$

$$Q_{\text{бр}\Delta} = (1 - 2 \cdot 0,4934) \cdot 100 = 1,32 \%$$

На підставі техніко-економічних розрахунків роблять висновок, чи доцільно виготовляти розміри за обраним квалітетом за умови необхідності перебирання в кількості  $Q_{\text{бр}\Delta} = 1,32\%$  або доцільніше виготовляти всі розміри за більш точним квалітетом.

Граничний відхил призначають за технологічним принципом на всі складові ланки, крім корегуючої

$$B_1 = 5h12_{(-0,120)}, B_3 = 5h12_{(-0,120)}, B_4 = 45h12_{(-0,250)}$$

Середній відхил ланки  $B_2$  як збільшувальної розраховуємо за формулою (13.17)

$$EMB_{2\text{кор}}^{\text{зб}} = -(EMB_1 + EMB_3 + EMB_4) + EMB_{\Delta}$$

$$EMB_{2\text{кор}}^{\text{зб}} = -(-60 - 60 - 125) + 275 = +520 \text{ мм}$$

Граничний відхил корегуючої ланки будуть дорівнювати згідно з (13.8; 13.9)

$$ESB_2 = +520 + 0,5 \cdot 350 = +695 \text{ мкм}$$

$$EIB_2 = +520 - 0,5 \cdot 350 = +345 \text{ мкм},$$

$$\text{тобто } B_2 = 55_{(+0,345}^{+0,695}) \text{ мм}$$

Таким чином, на всі складові ланки визначені допуски і граничний відхил.

Коли ланцюг має ланки з відомими допусками, їх враховують так, як і при розрахунку методом максимум-мінімум, тобто при визначенні коефіцієнта точності розмірного ланцюга.

Дійсно,

$$TA_{\Delta} = \frac{1}{\eta} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} TA_i^2} = \frac{1}{\eta} \sqrt{\sum_{i=1}^g k_p^2 \cdot i_{A_i \text{ вимн}}^2 + \sum_{q+1}^{n-1} TA_{i \text{ вїд}}^2}.$$

Звідки

$$k_p = \sqrt{\frac{TA_{\Delta}^2 \cdot \eta^2 - \sum_{q+1}^{n-1} TA_{i \text{ вїд}}^2}{\sum_{i=1}^g i_{A_i \text{ вимн}}^2}}. \quad (13.28)$$

Подальший розрахунок ведуть порядком, звичайним для теоретико-імовірнісного методу.

Найбільш раціональна область застосування імовірнісного методу – вирішення багатоланкових складальних розмірних ланцюгів при порівняно високій точності замикальної ланки. Необхідно пам'ятати, що цей метод, як і всі імовірнісні розрахунки можна використовувати тільки в багатосерійному і масовому виробництві.

### 13.6. Методи компенсації (пригонки і регулювання)

Необхідну точність розміру замикальної ланки можна забезпечити, якщо ввести до розмірного ланцюга ланку, розмір якої можна змінити і регулювати в певних межах. У цьому випадку похибки розмірів всіх складових ланок компенсуються шляхом зміни розмірів однієї ланки, котра називається ланкою, що компенсує або **компенсатором**. За наявності компенсатора всі складові ланки розмірного ланцюга можна виготовляти з розширеними допусками, які вільно витримуються при прийнятому технологічному процесі. Сума розширених допусків буде більша, ніж заданий допуск замикальної ланки

$$\sum_{i=1}^{n-1} T_p A_i > TA_{\Delta}$$

і це перевищення повинно бути усунено за допомогою компенсатора. Отже, значення компенсації

$$TK = \sum_{i=1}^{n-1} T_p A_i - TA_{\Delta}. \quad (13.29)$$

---

---

Номинальний розмір компенсатора залежить від того, чи є компенсуюча ланка збільшувальною чи зменшувальною. Її можна визначити із загального рівняння розмірного ланцюга

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m A_i^{z\phi} - \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{zm} \pm K, \quad (13.30)$$

де  $K$  – номінальний розмір компенсатора.

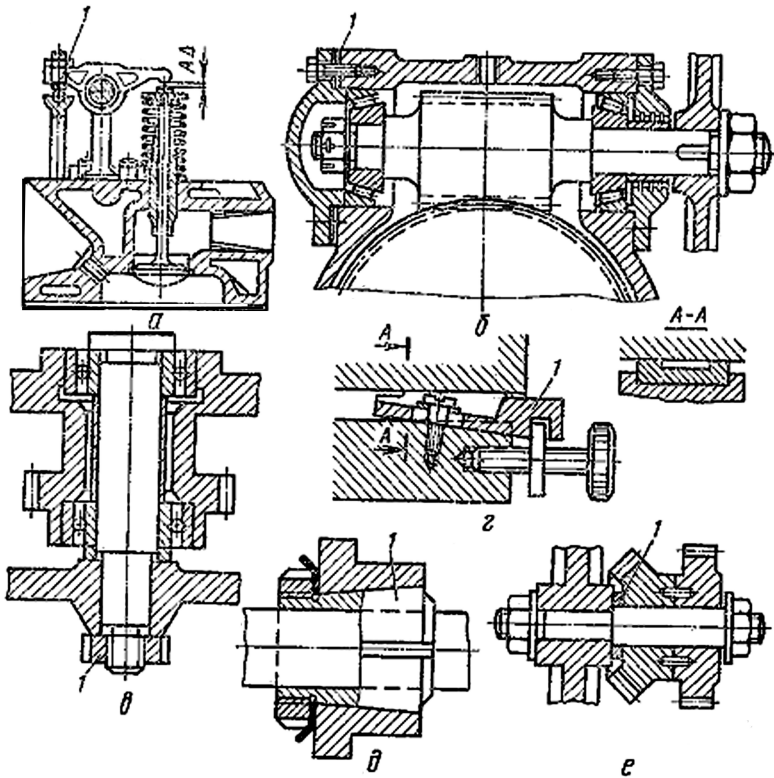
Якщо компенсатор є збільшувальною ланкою, то в рівнянні він входить зі знаком “плюс”, а якщо зменшувальною – зі знаком “мінус”.

Похибки складових ланок можна компенсувати різноманітними методами за рахунок ланки, що є компенсатором.

**Метод пригону** полягає в тому, що потрібна точність замикальної ланки розмірного ланцюга досягається за рахунок зміни розміру ланки, що компенсує, шляхом зняття шару матеріалу. Цей метод застосовується там, де компенсація невелика і в розмірному ланцюгу є ланка, розмір якої можна легко змінити. Недоліки цього методу полягають у складності нормування процесу пригону і повному відході від принципу взаємозамінності.

Різновидність методу **пригону** – метод додаткової обробки за результатами замірів при збиранні. Його використовують в розмірних ланцюгах, де потрібна висока точність замикальної ланки, але економічно не вигідно досягти її точною обробкою всіх ланок і важко ввести в конструкцію регульований компенсатор. Як приклад на рис. 13.6 є зображено вузол кріплення конічного зубчастого колеса. Точність його положення в осьовому напрямку забезпечується зміною розміру шайби, що компенсує. Залежно від фактичних розмірів деталей товщину шайби підрізують при складанні до відповідного розміру. Недоліками цього методу є – відхід від принципу взаємозамінності і збільшення трудомісткості збирання.

**Метод регулювання** – розповсюджений метод, при якому необхідна точність замикальної ланки розмірного ланцюга досягається за рахунок зміни розміру ланки, що компенсує без зняття матеріалу. За допомогою цього методу можна компенсувати похибки як лінійних, так і діаметральних розмірів (рис. 13.6 д).



**Рис. 13.6. Приклади використання компенсаторів:**

а – у механізмі газорозташування двигуна; б – у вигляді прокладок;  
 в, г, д, е – у вигляді відповідно різьбового з'єднання, клина, конічної  
 розрізної втулки, шайби; 1 – компенсатор

Основна і дуже важлива перевага цього методу полягає в підтримці заданої точності замикальної ланки в процесі експлуатації при зміні розмірів складових ланок через знос і деформацію, чого неможливо досягти іншими методами. Наприклад, точність висоти підйому клапана двигуна внутрішнього згоряння досить висока і залежить від точності розмірів багатьох деталей (рис. 13.6 а). Забезпечити таку точність при виготовленні машини, тим більше підтримувати її в процесі експлуатації було б неможливо без

---

---

використання компенсатора в вигляді регулювального гвинта. Регулювання зазору в клапанах відновлює необхідну точність в складному розмірному ланцюгу.

Роль компенсатора може виконувати спеціальна ланка, виконана в вигляді прокладки, шайби, кільця. У таких випадках відбувається ступінчасте регулювання розміру. Наприклад, на рис. 13.б зображено вузол черв'ячного редуктора, де зазор у роликівих підшипниках регулюється набором прокладок. Кількість ступенів регулювання в цьому і аналогічних випадках визначають за формулою

$$n_k = \frac{TK}{TA_{\Delta}} + 1, \quad (13.31)$$

де  $n_k$  – кількість ступенів регулювання, тобто кількість прокладок, шайб, втулок однакового розміру, що є компенсаторами.

Допуск на виготовлення компенсаторів може бути знайдений з вираження

$$TA_k = \frac{TA_{\Delta}}{n_k}, \quad (13.32)$$

де  $TA_k$  – допуск на виготовлення компенсатора.

Номинальний розмір компенсатора в цьому, як і в інших випадках, визначають з загального рівняння розмірного ланцюга.

Більш досконалі компенсатори з безперервною зміною розмірів по мірі необхідності. До них відносяться гвинтові компенсатори (таким компенсатором регулюють зазор в клапанах). Крім того, в різноманітних конструкціях можна використовувати ексцентрикові компенсатори, а також пружинні, ті, що мають здатність саморегулюватися при зміні розмірів ланок у процесі експлуатації.

Недоліком цього методу є введення в конструкцію допоміжних деталей, що ускладнює і здорожчує її.

Застосування того чи іншого методу компенсації залежить від конструкції вузла, характеру виробництва (індивідуального, дрібно-серійного, багатосерійного чи масового), технології збирання і визначається в кінцевому рахунку техніко-економічними розрахунками.

---

---

### 13.7. Метод групової взаємозамінності

Застосування методу групової взаємозамінності зручніше розглядати, починаючи з вирішення простішого розмірного ланцюга в гладкому діаметральному спряженні, де розміри отвору і вала – складові ланки, а зазор чи натяг – замикальна ланка.

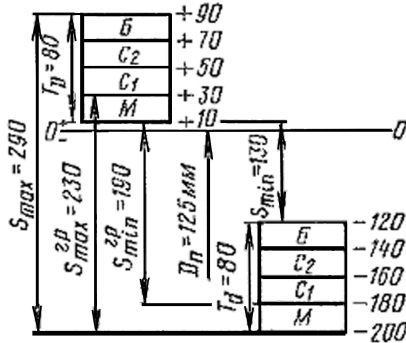
Вимоги, що ставляться до надійності і довговічності машин, часто змушують конструкторів обмежувати допустимі зазори чи натяги дуже жорсткими межами. Це призводить до необхідності призначати такі невеликі допуски на обробку, що виготовлення деталей стає неможливим або економічно необґрунтованим на обладнанні, що є у наявності. Наприклад, забезпечити надійну і довговічну роботу плунжерної пари паливної насоса можна, якщо зазор між плунжером і гільзою буде від 1 до 3 мкм.

З вираження  $S_{max}-S_{min}=T_D+T_d=3-1=1+1$  випливає, що допуск на обробку плунжера і гільзи повинен дорівнювати 1мкм. При діаметрі спряження 8,5мм знаходимо число одиниць допуску

$$k = \frac{T}{i} = \frac{1}{1} = 1.$$

Це означає, що точність обробки плунжера і гільзи повинна бути в 10 разів вищою, ніж по 6-му квалітету. Жоден з технологічних процесів, що застосовуються не може забезпечити таку точність обробки.

У такому випадку удаються до методу групової взаємозамінності. Його сутність полягає в сортуванні виготовлених деталей по групах залежно від їх дійсного розміру і в наступному складанні з'єднань з валів і отворів однойменних груп (селективне складання). Як приклад на рис. 13.7 зображено схему полів допусків на обробку гільзи циліндра і поршня двигуна Д-75 і групових допусків при сортуванні деталей на чотири групи. З схеми видно, що при складанні поршнів і гільз однойменних розмірних груп зазори в кожній групі будуть від 0,19 до 0,23 мм, що співпадає технічним умовам.



**Рис. 13.7. Схема полів допусків спряження гільзи циліндра та поршня двигуна Д-75 з груповими допусками для селективного складання**

Якщо б ці деталі не піддавалися селективному складанню, то при позначених допусках на обробку зазор в спряженні поршень-гільза циліндра коливався б від 0,13 до 0,29 мм, тобто технічні умови на складання даного спряження не були б витримані. У результаті цього в спряженнях із зазорами 0,13...0,19 мм на стінках циліндрів могли з'явитися задирки і двигун міг вийти з строю, а спряження с зазором 0,23...0,29 мм мало б значно понижений технічний ресурс.

Таким чином, при тих же допусках на обробку деталей селективне складання дозволяє значно підвищити точність спряжень. З збільшенням кількості розмірних груп при селективному складанні найбільші групові зазори або натяги зменшуються, а найменші – збільшуються, отже, посадка стає більш стабільною, що дуже бажано. Дійсно, слід прагнути до того, щоб всі або більшість спряжень на початку роботи мали зазор, близький до найменшого допустимого. Це забезпечує найбільший технічний ресурс спряжень.

У нерухомих спряженнях зменшення відправного натягу знижує надійність спряження, так як виникає погроза провертання або повздовжнього зміщення деталей під впливом навантажень, близьких до максимальних. Збільшення відправних натягів також небажано, це ускладнює складання і розбирання, а іноді може призвести до руйнування деталі, що охоплює.

Метод групової взаємозамінності забезпечує необхідну стабільність зазорів і натягів без підвищення якості при виготовленні деталей, що сполучаються, причому, збільшення кількості розмірних груп підвищує точність з'єднань і стабільність



---

---

зазорів або натягів в з'єднанні. Це основна перевага селективного складання.

Однак, застосування селективного складання, в свою чергу, призводить до додаткових затрат, котрі зростають з збільшенням кількості розмірних груп. При застосуванні методу селективного складання високі вимоги ставляться до точності геометричної форми, шорсткості поверхні. Якщо звичайно відхилення геометричної форми не повинні перевищувати допуску на обробку, то при селективному складанні вони не повинні перевищувати групового допуску.

При виборі допустимої шорсткості поверхні доводиться зіставляти її параметри з значенням групового допуску. Це потребує застосування точного обладнання і обмежує можливість значного збільшення кількості розмірних груп. Крім того, при збільшенні кількості розмірних груп підвищуються затрати на селективне складання, тому що виникає потреба у більшій кількості калібрів, ускладнюється сортування, маркірування, зберігання. Тому в будь-якому випадку бажано обходитися найменшою необхідною кількістю розмірних груп.

Найменшу необхідну кількість розмірних груп треба визначити, виходячи з вимог до значення зазорів у спряженнях. Їх встановлюють розрахунком або експериментально, тобто повинні бути відомі значення  $S_{\max}^{ep}$  і  $S_{\min}^{ep}$ . Необхідно також знати точність, котру забезпечує обладнання, що є у наявності, під час обробки деталей даного спряження, інакше кажучи, повинні бути відомі значення  $T_D$  і  $T_d$ , що досягаються при обробці. Для того, щоб зазори чи натяги у всіх групах були однаковими, при селективному складанні допуски на обробку вала і отвору приймають однаковими ( $T_D = T_d$ ). Але це означає, що групові допуски вала і отвору будуть однакові, тобто

$$T_D^{ep} = T_d^{ep},$$

де  $T_d^{ep}$  – груповий допуск вала;

$T_D^{ep}$  – груповий допуск отвору.

Тоді груповий допуск можна знайти з вираження

$$S_{\max}^{ep} - S_{\min}^{ep} = T_D^{ep} + T_d^{ep},$$

---

---

звідки

$$T_D^{zp} = T_d^{zp} = \frac{S_{\max}^{zp} - S_{\min}^{zp}}{2}.$$

Наприклад, для спряження золотник-отвір корпуса розподільвача встановлено, що зазор повинен знаходитися в межах від  $S_{\max}^{zp} = 16 \text{ мкм}$  до  $S_{\min}^{zp} = 8 \text{ мкм}$ . Отже, груповий допуск

$$T_D^{zp} = T_d^{zp} = \frac{16 - 8}{2} = 4 \text{ мкм}$$

Кількість груп сортування деталей при відомому досяжному значенні допуску на обробку і відомому значенні групового допуску визначаємо за формулою

$$n = \frac{T_D}{T_D^{zp}}; \text{ або } n = \frac{T_d}{T_d^{zp}}, \quad (13.33)$$

де  $T_d^{zp}, T_D^{zp}$  – групові допуски вала і отвору;

$T_d, T_D$  – допуски на обробку вала і отвору.

Для прикладу, що розглядається, технологічно досяжний допуск на обробку отвору корпуса розподільника діаметром 25 мм складає  $T_D = 20 \text{ мкм}$ , груповий допуск  $T_D^{zp} = 4 \text{ мкм}$ . Тоді необхідна кількість груп

$$n = \frac{T_D}{T_D^{zp}} = \frac{20}{4} = 5.$$

3 економічних або технічних міркувань може виникнути необхідність виготовляти цей отвір з допуском на обробку  $T_D = 80 \text{ мкм}$ , але це у той же час потребує різкого збільшення кількості груп.

$$n = \frac{T_D}{T_d^{zp}} = \frac{80}{4} = 20.$$

У будь-якому випадку рішення приймається тільки на основі техніко-економічного аналізу.

Якщо ж обрана стандартна посадка, по якій можуть бути виготовлені деталі, що підлягають сортуванню, кількість груп може бути визначена з співвідношення (рис.13.7).

$$S_{\max}^{zp} = S_{\min cm} + IT_d + \frac{IT_D}{n}.$$

Звідки

$$n = \frac{IT_D}{S_{\max}^{zp} - S_{\min cm} - IT_d}. \quad (13.34)$$

Наприклад, для спряження поршень-гільза циліндра двигуна трактора Д-75 необхідна кількість груп

$$n = \frac{80}{230 - 130 - 80} = 4$$

Для нерухомих з'єднань з натягом і стандартній посадці кількість груп сортування визначається за формулою

$$n = \frac{IT_d}{N_{\max cm} - N_{\min}^{zp} - IT_D} \quad (13.35)$$

Якщо кількість груп виходить дробовим або від'ємним цю посадку використовувати неможливо, і треба підібрати іншу, у якій кількість груп виходить цілим додатнім числом.

Використання селективного складання в нерухомих спряженнях підвищує надійність з'єднання завдяки більшій стабільності натягів.

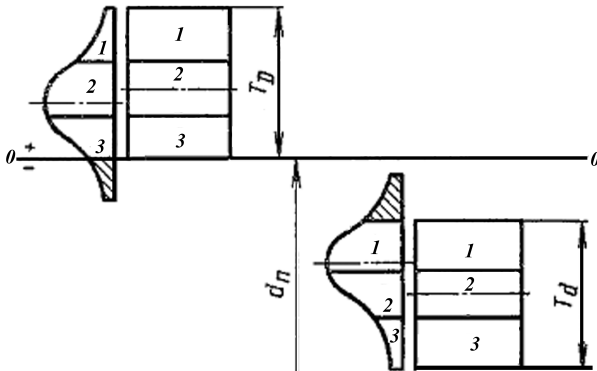
У більш складних лінійних розмірних ланцюгах завдяки сортуванню виготовлених деталей на розмірні групи і складання деталей однойменних груп можна забезпечити необхідну точність замикальної ланки без введення в конструкцію допоміжних деталей.

Перевага методу групової взаємозамінності полягає в можливості отримання спряжень високої точності, котру неможливо досягти на тому обладнанні, що є у наявності, або економічно вона недоцільна.

При використанні селективного складання необхідні додаткові затрати на сортування, маркірування і зберігання деталей; зростає незавершене виробництво, взаємозамінність обмежується межами однієї розмірної групи.

Під час обробки деталей на універсальних станках на розподіл деталей в поле допуску впливає технологічний фактор, тому що робітник прагне запобігти появленню браку. У результаті цього центри розподілення зміщуються в “плюс” для вала і в “мінус” – для отвору (рис. 13.8). Незавершена продукція при цьому значно зростає, тому що кількість валів і кількість отворів в однойменних розмірних групах різко розрізняються.

У масовому і крупно-серійному виробництві вплив цього фактора в значній мірі послаблюють, використовуючи станки-автомати. Завдяки цим причинам метод групової взаємозамінності доцільно застосовувати в масовому і багатосерійному виробництві. В дрібносерійному і індивідуальному виробництві економічно вигідніше використовувати індивідуальний підбір.



**Рис. 13.8. Вплив положення центра розташування розмірів на доцільність використання селективного складання**

У зв'язку з цим може виникнути питання, чому метод групової взаємозамінності так широко розповсюджений в ремонтних підприємствах сільського господарства, котрі є ані крупносерійним, ані масовим виробництвом. Справа в тому, що ремонтні сільськогосподарські підприємства отримують запасні деталі, що збирають методом групової взаємозамінності (поршні, гільзи, пальці та ін.) з спеціалізованих заводів, де виробництво багатосерійне. А ремонтна майстерня в цьому випадку є одним з складальних цехів такого заводу.

### 13.8. Особливості розрахунку плоских і просторових розмірних ланцюгів

Розрахунок плоских розмірних ланцюгів звичайно зводять до розрахунку лінійних розмірних ланцюгів шляхом проектування всіх розмірів на одне направлення, як правило, на направлення замикальної ланки. Наприклад, для нормальної роботи зубчастої передачі від колінчастого вала до розподільчого вала необхідно витримати міжцентрову відстань  $M_{\Delta}$  у межах заданого допуску (рис. 13.9). Розмір  $M_{\Delta}$  залежить від розмірів  $M_1$ ,  $M_2$  і  $M_3$ , розташованих під кутом один до одного і тих, що складає плоский розмірний ланцюг. Для того, щоб привести її до лінійного розмірного ланцюга, проектують всі розміри на напрямок замикальної ланки. Отже, рівняння розмірного ланцюга можна записати таким чином:

$$M_{\Delta} = \cos \beta_2 M_2 + \cos \beta_3 M_3 - \cos \beta_1 M_1, \quad (13.36)$$

причому під час розрахунку розмірного ланцюга номінальним розміром ланок буде  $M_i \cos \beta_i$ .

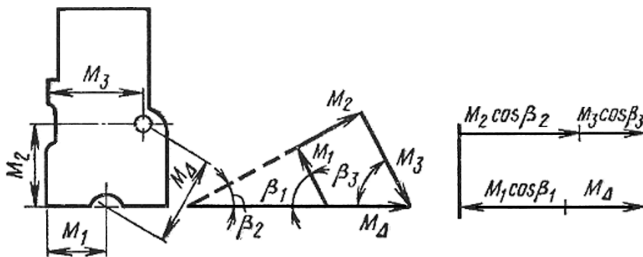


Рис. 13.9. Площинний розмірний ланцюг

Розрахунок просторових розмірних ланцюгів може бути зведений на початку до розрахунку плоских розмірних ланцюгів шляхом проектування на три взаємно перпендикулярні площини, а потім до розрахунку лінійних розмірних ланцюгів за рахунок проектування всіх ланок на напрямок замикальної ланки.

У більш загальному вигляді лінійні і плоскі розмірні ланцюги розраховують, використовуючи передаточне відношення кожного з

---

---

складових ланок. У наведеному прикладі плоского розмірного ланцюга передаточні відношення будуть відповідно дорівнювати

$$\xi_1 = -\cos \beta_1; \quad \xi_2 = +\cos \beta_2; \quad \xi_3 = +\cos \beta_3 .$$

Просторові розмірні ланцюги розраховують також, використовуючи передаточні відношення, які дозволяють застосовувати методику розрахунку лінійних розмірних ланцюгів.

### 13.9. Розрахунок допусків розташування осей

Взаємне положення осей отвору в деталях часто визначає нормальну роботу механізму і умови взаємозамінності при складанні вузлів. Наприклад, міжцентрові відстані отворів корпуса коробки передач визначають якість роботи зубчастих передач, і отже, допуски на них повинні бути розраховані, виходячи з вимог роботи зубчастого зчеплення. Сегменти до ножової смуги і пальці до пальцевого бруса ріжучих апаратів косарок і жаток треба кріпити з точністю, необхідною для забезпечення зрізу високої якості. І в тому і в іншому випадку вимоги до точності взаємного положення осей отворів визначаються з умов правильної роботи кінематичних пар.

У машинобудуванні широко розповсюджений спосіб кріплення деталей за допомогою болтів, штифтів, шпильок, заклепок. До таких деталей відносяться різного роду фланці, кришки, піддон масляного картеру, блоки циліндрів, головки блока та ін. У цих з'єднаннях взаємне положення осей отворів повинно забезпечити лише взаємозамінність при складанні.

Оскільки загальні принципи розрахунку допусків розташування осей різних вузлів і деталей однакові і є розрахунком розмірних ланцюгів, доцільно розглянути методику розрахунку на прикладі кріплення двох деталей.

**Допуск розташування** – це границя, що обмежує значення відхил розташування, що допускається.

Область у просторі або заданій площині, в середині якої повинна знаходитися вісь у межах нормованої ділянки, є поле допуску розташування. Ширина або діаметр поля допуску визначається значенням допуску, а його розташування відносно баз – номінальним розташуванням осей.

При обробці отворів відбувається деяке зміщення осей від їх теоретичного положення. При використанні кондукторів це зміщення

зменшується, але повністю не усувається. Під час кріплення деталей зміщення осей компенсуються зазорами між болтами і отворами. Отже, задача розрахунку допусків розташування осей деталей, що прикріплюються одна до одної, складається в відшуванні залежності між зазором і допусками на міжцентрові відстані.

У більшості випадків для кріплення використовують болти, шпильки, а отже, їх розміри і розміри отворів під них досконало визначені, значення допусків розташування осей можуть бути легко встановлені за значеннями зазорів.

Розглянемо методику розрахунку допусків розташування осей для кріплення двох деталей. Вихідними для розрахунку є такі передумови:

- зазор між болтом і отвором відомий;
- значення допуску не залежить від номінального розташування осей;
- деталі можуть відносно зміщуватися або повертатися.

Розрахунок будемо вести методом повної взаємозамінності.

**З'єднання деталей за допомогою гладких болтів.** Розглянемо найгірший випадок, коли відстань між осями отворів однієї деталі найбільша, а відстань між осями отворів іншої деталі найменша. І навіть у цьому випадку найменший зазор між болтом і отвором повинен бути достатнім, для того щоб компенсувати зміщення положень отворів. Болт повинен входити в обидва отвори без перекосів (рис. 13.10).

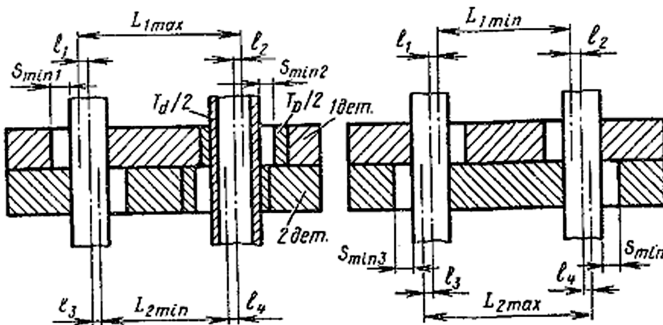


Рис. 13.10. З'єднання двох деталей за допомогою гладких болтів

---

---

Залежність між найменшим зазором і допуском на розмір  $L$  може бути знайдений із таких рівнянь:

$$L_{1\max} - L_{2\min} = e_1 + e_2 + e_3 + e_4;$$

$$L_{2\max} - L_{1\min} = e_1 + e_2 + e_3 + e_4,$$

де  $e_1 = e_2 = e_3 = e_4$  – ексцентриситети осей отворів відносно осі болта.

Склавши праві і ліві частини обох рівнянь і перегрупувавши члени, отримаємо

$$(L_{1\max} - L_{1\min}) + (L_{2\max} - L_{2\min}) = 8e$$

або

$$2TL = 8e; \quad TL = 4e$$

Для прийнятого нами випадку  $2e = S_{\min}$ , і можна записати

$$TL = 2S_{\min} \quad (13.37)$$

Допуски на розташування осей задаються симетрично розташованим, отже відхили розташування осей однієї і другої деталей повинні дорівнювати

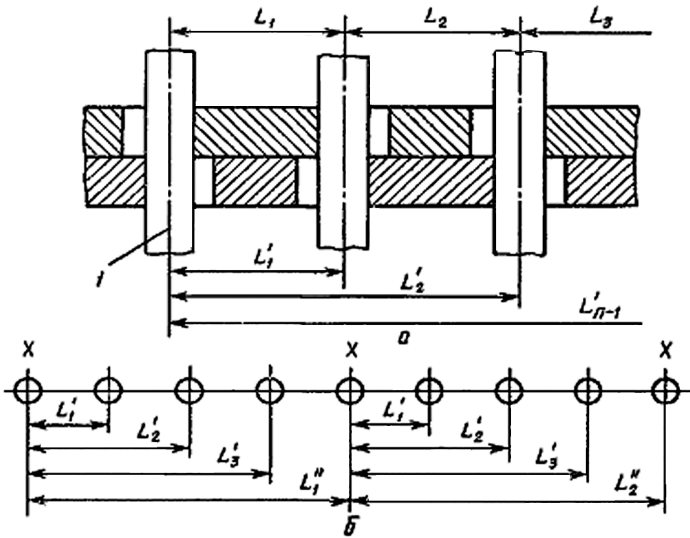
$$\pm TL/2 = \pm S_{\min}.$$

Аналогічним образом можуть бути визначені допуски на розташування осей і при інших варіантах кріплення. Однак, як правило, кріплять не по двох, а по більшій кількості отворів, що розташовані в один ряд. Значення допусків на розташування осей в цьому випадку залежать від кількості отворів у ряду і від способу простановки розмірів розташування осей.

На рис. 13.11 а показано два способи постановки розмірів: “ланцюжком” і “драбинкою”.

При постановці розмірів “ланцюжком” допуски на розташування осей повинні бути зменшені пропорційно кількості отворів, розташованих у ряд. При постановці розмірів “драбинкою” допуски не зменшують.





**Рис. 13.11. Постановка розмірів:**

а – ланцюжком (зверху) та драбинкою (знизу);  
 б – комбінованим способом; 1 – базовий отвір

Однак, при збільшенні міжцентрової відстані технологічно важче укластися в такий же допуск, крім того, іноді буває важко виміряти велику міжцентрову відстань. У зв'язку з цим часто звертаються до комбінованої постановки розмірів міжцентрових відстаней, розташованих в ряд (рис.13.11 б). У цьому випадку розміри проставляють “драбинкою” до тих пір, поки розмір технологічно просто виміряти і витримати. Потому останній отвір приймають за базовий і від нього знову проставляють розміри “драбинкою”. При комбінованій постановці розмірів допуски посилюють лише у стільки разів, скільки розмірів проставлено “ланцюжком”. Отже,

$$TL_{i \text{ комб}} = \frac{2 \cdot S_{\min}}{n_{\text{ланц}}}, \quad (13.38)$$

де  $n_{\text{ланц}}$  – кількість груп розмірів, що проставлено "ланцюжком".

---

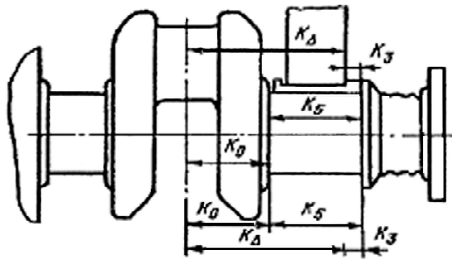
Залежності, що розглядаються, між зазорами і допусками на розташування осей при практичному застосуванні повинні бути скореговані, оскільки для компенсації зміщення осей отворів від номінального розташування може бути використана лише частина зазору.

Інша частина зазору необхідна для легкості збирання і регулювання взаємного положення з'єднувальних деталей, а також для компенсації інших похибок розташування поверхонь, що з'єднуються, наприклад, неспіввісність поверхонь кріпильної деталі, відхилення від перпендикулярності осей отворів до опорної площини та ін.

### **13.10. Використання розмірного аналізу при ремонті машин**

Під час експлуатації машин розміри деталей змінюються від зносу, пластичних деформацій, короблення. У розмірних ланцюгах, де точність замикальної ланки залежить від багатьох розмірів, це призводить до значних змін взаємного положення осей і поверхонь деталей, погіршуються якісні і економічні показники роботи машини. Тому під час ремонту машин важливо відновити не тільки посадки діаметральних спряжень, але і точність замикальних ланок розмірних ланцюгів, що визначають надійність і довговічність машини. У більшості випадків нема необхідності відновлювати всі розміри, що входять до розмірного ланцюга. Як правило, можна вибрати одну або дві ланки, за рахунок зміни розмірів котрих удасться відновити точність замикальної ланки.

Наприклад, правильне взаємне положення гільзи циліндра і шийок колінчастого вала тракторного дизеля забезпечує його тривалу нормальну роботу. Розміри, що визначають положення гільз циліндрів відносно базової поверхні, в процесі експлуатації практично не змінюються. У той же час, розміри, що визначають положення шийки колінчастого вала відносно тієї ж базової поверхні, змінюються значно. На рис. 13.12 зображено розмірний ланцюг, що визначає положення середини шатунної шийки відносно базової поверхні блока. Завдяки зносу розміри  $K_3$  і  $K_5$  змінюються. Крім того, при шліфуванні вала під ремонтні розміри в більшій чи меншій мірі шліфуються і бокові поверхні шийок колінчастого вала, що призводить до нерівномірного збільшення довжини шийок і зміні розмірів  $K_0$ . Встановити первісний розмір замикальної ланки практично можливо, якщо змінити розмір лише однієї ланки – товщину упорного бурта п'ятого корінного підшипника.



**Рис. 13.12. Розмірний ланцюг, який визначає положення колінчастого вала в осьовому напрямку**

Аналогічний результат може бути отриманий під час аналізу інших розмірних ланцюгів. Завдання інженера-ремонтника – знайти на основі кваліфікованого розмірного аналізу механізму, найбільш легко- і швидко- відновлювану ланку, змінюючи розмір, який можна отримати від початкової точності замикальної ланки.

### Контрольні питання

1. Що таке розмірний ланцюг?
2. Яка з ланок, що складають розмірний ланцюг є замикальною?
3. Як розподіляють складові ланки на збільшувальні і зменшувальні?
4. Що таке “розрахувати розмірний ланцюг”?
5. Які основні методи розрахунку розмірних ланцюгів і область їх застосування?
6. Які переваги і недоліки має метод розрахунку розмірних ланцюгів на *min-max*?
7. Які переваги і недоліки має імовірнісний метод розрахунку розмірних ланцюгів?
8. З якою метою визначають коефіцієнти точності розмірного ланцюга?
9. Як при розрахунку розмірного ланцюга враховуються вже відомі допуски?
10. Що таке “технологічний принцип” призначення граничних відхилень?
11. Що може використовуватися як компенсатор в розмірному ланцюгу?

- 
- 
12. У чому полягає сутність селективного складання або групової взаємозамінності?
  13. Як розрахувати кількість груп сортування при селективному складанні?
  14. Які переваги і недоліки має метод селективного складання?
  15. При якому типі виробництва доцільно використовувати метод селективного складання?

### **Тести**

1. При побудові розмірних ланцюгів вихідним є розмір ланки:
  - а) збільшувальної;
  - б) зменшувальної;
  - в) замикальної.
2. Ланка розмірного ланцюга, із збільшенням якої, розмір замикальної ланки збільшується, називається:
  - а) складовою;
  - б) збільшувальною;
  - в) зменшувальною.
3. По розрахунковому коефіцієнту точності розмірного ланцюга обирають для складових ланок:
  - а) квалітет;
  - б) основні відхилення;
  - в) середнє відхилення.
4. Розрахунок розмірних ланцюгів методом максимум-мінімум застосовують у виробництві:
  - а) масовому;
  - б) дрібносерійному;
  - в) багатосерійному.
5. Метод ймовірності при розрахунку розмірних ланцюгів застосовується у виробництві:
  - а) дрібносерійному;
  - б) індивідуальному;
  - в) масовому.

---

---

## 14. ДОПУСКИ НА КУТОВІ РОЗМІРИ. ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ ГЛАДКИХ КОНІЧНИХ З'ЄДНАНЬ

### 14.1 Кутіві розміри і допуски на них

У конструкціях машин часто використовують деталі, які мають поверхні, розташовані одна до одної від кутом, що відрізняється від прямого. Наприклад, блок циліндрів V-подібних двигунів, шківів і варіаторів клиноремінних передач тощо.

За ГОСТ 8908-81 для обмеження їх різноманітності регламентуються ряди і розміри нормальних кутів загального призначення, для широкого застосування в машинобудуванні. Встановлено три ряди кутів з довжиною меншої сторони кута до 2500 мм. У перший ряд входять кути:  $0^{\circ}$ ;  $5^{\circ}$ ;  $15^{\circ}$ ;  $20^{\circ}$ ;  $30^{\circ}$ ;  $45^{\circ}$ ;  $60^{\circ}$ ;  $90^{\circ}$ ;  $120^{\circ}$ . Другий ряд доповнений ще одинадцятьма кутами, третій ряд – найповніший. При виборі кутів рекомендується вибирати їх із першого ряду. Якщо конструкція не дозволяє застосовувати жодного з них, то бажано обирати кут з другого ряду, і тільки в крайньому випадку – з третього. Нормальні кути застосовують для незалежних кутівих розмірів, котрі є вихідними при розрахунку.

Стандарт не розповсюджується на кути, отримані розрахунковим шляхом, і на кути конусів.

Допуск кута, що позначається  $AT$ , може бути виражений як в кутівих, так і в лінійних одиницях. Відповідно до різноманітних способів обмеження похибок кута стандарт встановлює такі позначення (рис.14.1 а):

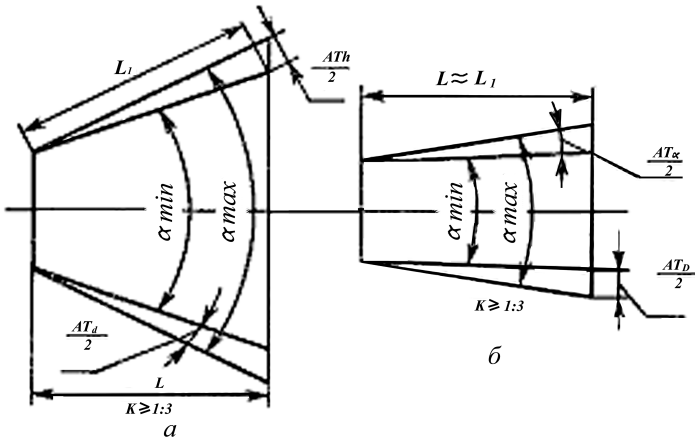
$AT_{\alpha}$  – допуск кута в кутівих одиницях;

$AT'_{\alpha}$  – округлене значення допуску в градусах, хвилинах, секундах;

$AT_h$  – допуск кута, що виражений відрізком на перпендикулярі до сторони кута на відстані  $L_l$  від вершини (рис. 14.1а);

$AT_D$  – допуск кута конуса, що виражений допуском на різницю діаметрів у двох, нормальних до осі перерізах конуса на заданій відстані  $L$  між ними, що визначається по перпендикуляру до осі конуса (рис. 14.1 б).

Допуски виду  $AT_h$  призначаються на конуси, що мають конусність більш 1:3, залежно від довжини  $L_l$ . Для конусів з конусністю менше 1:3 приймають  $L_l \approx L$  і призначають допуск виду  $AT_{\alpha}$ .



**Рис. 14.1.** Допуски кутових розмірів та їх позначення

Допуски на кутові розміри вказують у вигляді симетричних граничних відхилів  $\pm AT/2$ . Але, якщо є особливі вимоги, що обумовлені конструкцією з'єднання, то допускається і несиметричне розташування збереженням значень допуску по стандарту.

Незалежно від розташування поля допуску граничні відхилення кутових розмірів відраховуються від номінального розміра кута.

**Таблиця 18.** Допустимі відхилення кутових розмірів

Клас допуску		Допустимі відхилення для інтервалів довжин найкоротшої сторони кута, що розглядаються, мм				
позначення	опис	до 10	понад 10 до 50	понад 50 до 120	понад 120 до 400	понад 400
f	точний	$\pm 1^0$	$\pm 0^030'$	$\pm 0^020'$	$\pm 0^010'$	$\pm 0^05'$
m	середній	$\pm 1^030'$	$\pm 1^0$	$\pm 0^030'$	$\pm 0^015'$	$\pm 0^010'$
c	грубий	$\pm 3^0$	$\pm 2^0$	$\pm 1^0$	$\pm 0^030'$	$\pm 0^020'$
v	дуже грубий	$\pm 3^0$	$\pm 2^0$	$\pm 1^0$	$\pm 0^030'$	$\pm 0^020'$

На кутові розміри встановлено 17 ступенів точності. Ступінь точності проствавляють разом з позначенням допуску, наприклад,  $AT10$ . Область застосування кожної з 17 ступенів визначається функціональними вимогами до точності кутових розмірів.

---

1, 2, 3, 4 – ступені точності використовують для кутових мір;  
5, 6, 7 – призначені для кутів високої точності;  
10, 11, 12 – застосовують у деталях нормальної точності  
(направляючі планки, кутові пази в повідцях дискових стопорів та ін.);  
13,14,15 – призначають у деталях пониженої точності для  
кутових розмірів деталей, що стопорять, у вигляді фіксаторів;  
16, 17 – використовуються для кутових розмірів, до точності  
котрих не пред'являються високі вимоги (вільні розміри).

Допуск встановлюють залежно від довжини меншої сторони, що утворює кут. Пояснюється це тим, що точність виготовлення і вимірювання кутових розмірів залежить головним чином від довжини сторони кута і з її зменшенням вона знижується. Тому при виборі допуску за основу беруть довжину меншої сторони кута.

Допуск кутового розміру задається в кутових одиницях, однак за необхідності його можна виразити і через лінійні одиниці

$$AT_h = AT_\alpha L_1 10^{-3}, \quad (14.1)$$

де  $AT_h$  – допуск в лінійних одиницях, мкм;

$AT_\alpha$  – допуск в кутових одиницях, мкрад;

$L_1$  – довжина меншої сторони кута, мм.

Допуски кутів можуть бути розташовані в плюс (+ $AT$ ), в мінус (- $AT$ ) або симетрично ( $\pm \frac{AT}{2}$ ) відносно номінального кута.

Числові значення невказаних граничних відхилень кутів по ГОСТ 2570-83 відповідають  $\pm AT16$  і  $\pm AT17$ .

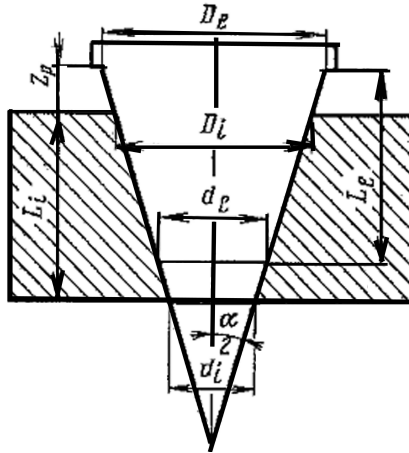
## 14.2. Взаємозамінність гладких конічних з'єднань

Гладкі конічні з'єднання не так широко розповсюджені, як циліндричні, хоча мають перед ними декотрі переваги. Основна їх перевага – можливість регулювання зазору або натягу в процесі експлуатації машини.

Розрізняють три види конічних спряжень: нерухомі, рухомі і щільні.

Нерухомі спряження забезпечують за рахунок натягу надійне центрування і передачу крутних моментів. Великою перевагою цих спряжень є – легкість монтажу і демонтажу. Їх застосовують для кріплення інструментів, у конічних фрикційних муфтах та ін.

Рухомі спряження забезпечують регулювання зазору в процесі їх експлуатації, що дозволяє тривалий час зберігати необхідну точність з'єднання. Ці спряження використовують, наприклад, у конічних підшипниках шпинделів верстатів.



**Рис. 14.2. Параметри конічного з'єднання**

Щільні спряження, що забезпечують герметичність, застосовують у клапанах двигунів внутрішнього згоряння, в кранах різноманітного призначення. Герметичність досягається притиранням, при цьому взаємозамінність деталей, що спрягаються, порушується.

Конічні спряження згідно з ДСТУ 2499-94 характеризуються наступними основними параметрами (рис. 14.2).

Для визначення параметрів зовнішнього конуса застосовується індекс (*e*), внутрішнього – (*i*).

$D_e$  і  $D_i$  – номінальні діаметри великої основи конуса;

$d_e$  і  $d_i$  – номінальні діаметри малої основи конуса;

$L_e$  і  $L_i$  – довжина конуса, що дорівнює відстані між великою і малою основою конуса;

$$C - \text{конусоподібність } C = \frac{D-d}{L} = 2tg \frac{\alpha}{2}; \quad (14.2)$$

$\alpha$  – кут конуса, тобто кут між твірними у поздовжньому перерізі конуса;

$\alpha/2$  – кут ухилу, тобто кут між твірною та віссю конуса.



---

---

Номінальні діаметри або діаметри розрахункових перетинів, для зручності вимірювання обирають поблизу одної з основ конуса або як розрахункові діаметри приймають самі діаметри основи.

**Базова площа конуса** – площа, що перпендикулярна до осі конуса і служить для визначення осьового положення основної площини. Базова і основна площа конуса можуть збігатися.

**Базова відстань конуса ( $Z_e, Z_i$ )** – це відстань між основною і базовою площинами конуса.

**Базова відстань конічного з'єднання ( $Z_p$ )** – це осьова відстань між базовими площинами зовнішнього і внутрішнього конусів, що сполучаються, визначає положення однієї деталі відносно іншої. Якщо як базові площини зовнішнього і внутрішнього конуса прийняті основні перерізи, то номінальну базовідстань з'єднання можна визначити за такими формулами:

$$Z_p = \frac{D_e - D_i}{C}; \quad Z_p = \frac{d_e - d_i}{C} \quad (14.3)$$

Нормальні конусності і кути конусів визначаються ДСТУ 2499-94 і розповсюджуються на конусність і кути конусів гладких конічних елементів деталей. Стандарт не розповсюджується на конуси і кути конусів спеціального призначення, що регламентовані в стандартах на конкретні вироби.

Для конусів регламентуються такі види допусків (рис.14.3):

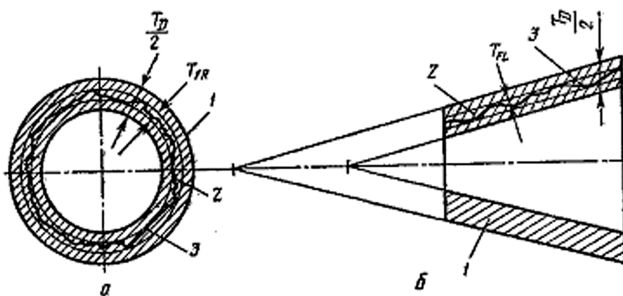
- допуск діаметра конусу в будь-якому перерізі ( $T_D$ );
- допуск кута конуса ( $AT$ );
- допуски форми конуса – допуск колокидності ( $T_{FR}$ );
- допуск прямолінійності ( $T_{FL}$ ).

Встановлені два способи нормування допусків конусів.

**Спосіб 1** – спільне нормування всіх видів допусків допуском  $T_D$  діаметра конуса. У цьому випадку в поле допуску конуса, обмеженому двома граничними конусами, повинні знаходитися всі точки реальної поверхні конуса. Таким чином обмежуються не тільки відхили діаметра, але і відхили кута і форми конуса.

**Спосіб 2** – роздільне нормування кожного виду допусків: допуску  $T_{DS}$  діаметра конуса в заданому перерізі  $T_D$ , допуску  $AT$  кута конуса, допусків колокидності  $T_{FR}$  і прямолінійності  $T_{FL}$ , утворюючої конуса.

**Перший спосіб** рекомендується застосовувати в посадках з фіксацією по конструктивних елементах і по заданій осьовій відстані між базовими площинами конусів, що сполучаються.



**Рис. 14.3. Розташування полів допусків конусів**

Розміри зазорів і натягів в цих посадках залежать тільки від граничних відхилів діаметрів конусів, що сполучаються. Відхили кута і форми конуса впливають на нерівномірність зазорів і натягів, а також на довжину контакту. При необхідності дозволяється обмежувати їх додатковими більш вузькими допусками кута конуса  $AT$  і форми конуса  $T_{FR}$  і  $T_{FL}$ , ніж допуск  $T_D$ .

**Другий спосіб** краще використовувати в посадках з фіксацією по заданому осьовому зміщенню конусів, що сполучаються від їх початкового положення або по заданому зусиллю запресування.

Розміри зазорів чи натягів у цьому випадку визначаються умовами складання, а допуски діаметра впливають на базову відстань.

Допуски конусів, що не спряжуються рекомендується нормувати, використовуючи спосіб 2.

Допуски діаметра конуса повинні відповідати допускам гладких циліндричних з'єднань. При обраному квалітеті допуск  $T_D$  визначають по номінальному діаметру великої основи конуса, а допуск  $T_{DS}$  – по номінальному діаметру в заданому перерізі конуса.

При заданому допуску  $T_D$ , якщо відхили кута конуса обмежуються більш вузькими межами, ніж при повному використанні допуску  $T_D$  і при заданому допуску  $T_{DS}$ , необхідно призначити ще допуск  $AT$  кута конуса в кутових  $AT\alpha$  або в лінійних одиницях  $AT_D$ .

Розташування граничних відхилів кутів конусів, що спряжуються допускається як однобічним ( $+AT$  або  $-AT$ ), так і симетричним ( $\pm AT/2$ ), для конусів, що не сполучаються – тільки симетричним.

Поля допусків обирають залежно від способу фіксації взаємного осьового положення конусів, що сполучаються.

---

---

За способами фіксації взаємного осьового розташування спряжених конусів кінчні посадки підрозділяються на посадки з фіксацією:

- шляхом сполучення конструктивних елементів спряжених конусів;
- по заданій осьовій відстані  $Z_{pf}$  між базовими площинами спряжених конусів;
- по заданому взаємному осьовому зміщенню спряжених конусів від їх початкового положення;
- по заданому зусиллю запресування  $F_s$ , що додається у початковому положенні спряжених конусів.

У посадках рекомендується сполучати поля допусків діаметрів зовнішнього і внутрішнього конусів одного квалітету, і тільки в обґрунтованих випадках допуск діаметра внутрішнього конуса можна призначати на один або два квалітети менш точним.

У посадках по заданому осьовому зсуві конусів, що сполучаються, від їх початкового положення граничні значення осьового зміщення визначаються за такими формулами:

$$E_a S_{\min} = \frac{1}{C} S_{\min}; \quad E_a N_{\min} = \frac{1}{C} N_{\min}; \quad (14.4)$$

$$E_a S_{\max} = \frac{1}{C} S_{\max}; \quad E_a N_{\max} = \frac{1}{C} N_{\max}. \quad (14.5)$$

У посадках з фіксацією по заданому зміщенню конусів, що спряжуються від початкового положення або по заданому зусиллю запресування слід застосовувати поля допусків від 8-го до 12-го квалітетів:

- для внутрішніх конусів –  $H, Js, N$ ;
- для зовнішніх конусів –  $-h, js, k$ .

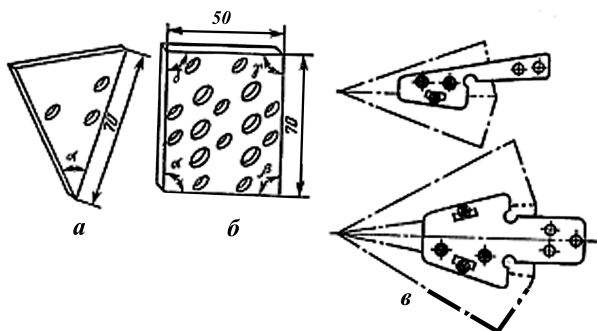
Для внутрішніх конусів переважно поле допуску  $H$ .

Коли у з'єднанні немає спеціальних вимог до точності, допуски на кутові розміри призначають як основні за ДСТУ ISO 2768-1-2001.

Згідно з цим стандартом допустимі відхилення кутових розмірів наведено в табл. 18.

### 14.3. Методи і засоби контролю кутів і конусів

**Спеціальні кутові міри** призначені для перевірки і настроювання відповідних приладів, для перевірки кутових шаблонів і безпосередньо точного вимірювання кутів. Кутові міри мають або трикутну форму з одним робочим кутом від  $10^\circ$  до  $79^\circ$ , або чотирикутну форму з чотирма робочими кутами від  $80^\circ$  до  $100^\circ$  (рис. 14.4 а,б).



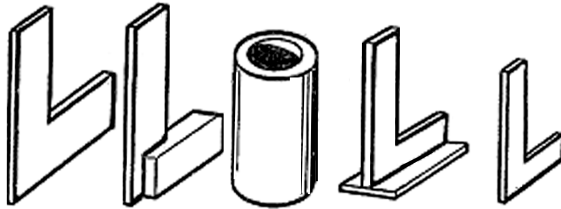
**Рис. 14.4. Кутові плитки:**

а – трикутники; б– чотирикутники; в – приладдя для кутових плиток

З плиток можуть бути складені блоки від  $10^\circ$  до  $360^\circ$ . Плитки в блоці скріплюють між собою за допомогою односторонніх або двосторонніх державок і клинів, що вставляються в отвори плиток і державок (рис. 14.4 в).

Перевіряють кути плитками на просвіт. Розмір просвіту оцінюють на око або зіставляючи з зразковим просвітом, котрий отримують шляхом порівняння декількох блоків з відомою різницею між ними в кутових розмірах. Великі просвіти можна виміряти щупом.

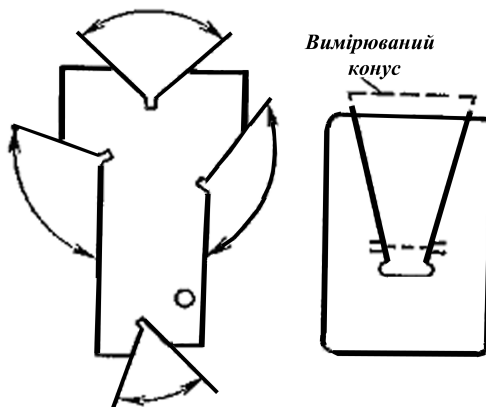
**Кутники** призначені для перевірки і розмітки кутів в  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  і  $120^\circ$ . Найбільш розповсюджені кутники в  $90^\circ$ . Промисловість випускає п'ять типів таких кутників різноманітних розмірів (рис. 14.5) чотирьох класів точності (0,1,2 і 3). Клас точності кутника характеризує значення похибки, тобто відхилення кінця довгої сторони кутника від перпендикуляру, що опущений на підставу. Кутники 0-го класу застосовують для лекальних робіт, 1-го класу – для особливо точних робіт, 2-го – для звичайних робіт, 3-го – для монтажних робіт.



**Рис. 14.5. Кутники**

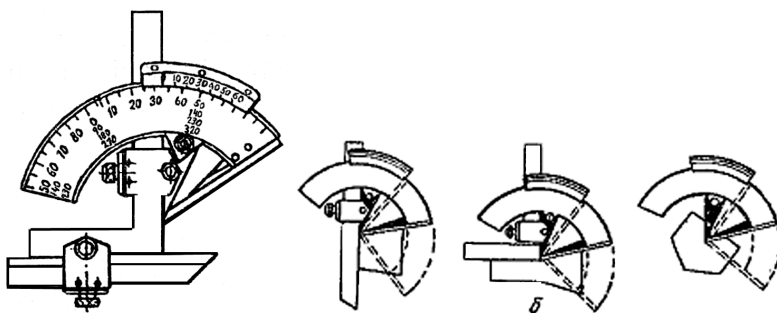
При контролі і розмітці кутів кутниками деталь і кутник частіше всього розташовують на плиті, хоча можна перевіряти кути, безпосередньо накладаючи деталь на кутник.

**Куткові шаблони** (рис. 14.6) широко застосовують для контролю кутів. Користуються ними так же, як і кутниками.



**Рис. 14.6. Куткові шаблони**

**Кутоміри** – найбільш універсальні засоби для вимірювання кутів (рис. 14.7 а). Механічним кутоміром Семенова, що випускається з лекальною лінійкою і кутником, можна виміряти кути від  $0$  до  $320^{\circ}$  з точністю відліку по ноніусу  $2'$ . Техніка вимірювання кутоміром зрозуміла з рис. 14.7 б.



**Рис. 14.7. Кутомір і техніка вимірювання кутів**

**Кутомір Кушнікова** призначений для вимірювання тільки зовнішніх кутів у межах від  $0$  до  $180^\circ$ .

Правила відліку по кутовому ноніусу аналогічні правилам відліку по ноніусу штангенінструментів. Величину відліку по ноніусу визначають за тією ж формулою, що і для штангенінструменту, тільки значення виражається в кутових одиницях.

Для вимірювання кутів використовують також оптичні кутоміри.

**Синусну лінійку** (рис. 14.8) використовують для контролю і вимірювання з високою ступінню точності кутів і конусів. Синусна лінійка складається з плити з отворами для кріплення деталей, двох непохитно закріплених роликів і упорної планки. Основний розмір лінійки – відстань між центрами роликів  $L_n$  (база лінійки). Вимірювання проводять, встановивши лінійку на плиті під кутом  $\alpha$ , що дорівнює номінальному значенню кута, що вимірюється. Для цього під один з роликів підкладають блок кінцевих мір висотою  $H$ . Розмір  $H$  визначають за формулою

$$H = L_n \sin \alpha . \quad (14.6)$$

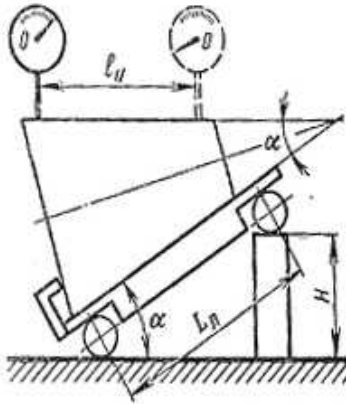


Рис. 14.8. Синусна лінійка

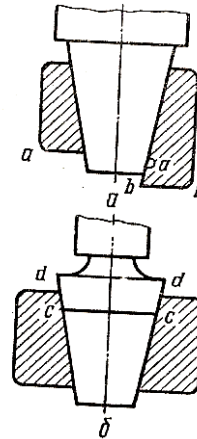


Рис. 14.9. Конусні калібри

Відхили від заданого кута визначають індикатором зі стійкою. Необхідна точність індикатора залежить від ступеня точності кута, що вимірюється. Визначивши відхили в показниках приладу в двох точках, розташованих на відстані  $l_u$  одна від другої, розраховують відхил кута від номінального значення за формулою

$$\operatorname{tg} \Delta_\alpha = \frac{\Delta_u}{l_u} \approx \Delta_\alpha, \quad (14.7)$$

де  $\Delta_u$  – лінійні відхили, що дорівнює різності показань індикаторів;

$\Delta_\alpha$  – відхили кута, що вимірюється на довжині  $l_u$ .

З збільшенням кута, що вимірюється синусною лінійкою, похибка вимірювання швидко зростає, тому вимірювати кути більш  $45^\circ$  лінійкою не рекомендується.

У масовому і багатосерійному виробництві конуси контролюють за допомогою конусних калібрів. При контролі гладких конусів калібрами перевіряють, чи знаходиться відхилення базовідстані у встановлених межах. З цією ж метою калібри виготовляють з уступами  $aa$  і  $bb$  (рис. 14.9 а) або з двома рисками  $cc$  і  $dd$  (рис. 14.9 б), відстань між котрими дорівнює допуску на базовідстань.

---

---

Відхили форми конусів можна також контролювати конусними калібрами методом перевірки "на фарбу". Калібр змащують тонким шаром фарби. Рівномірність відбитків фарби на конусі, що вимірюється свідчить про правильність форми.

### Контрольні питання

1. Від якого параметра кутового з'єднання залежить величина допуску АТ на кути?
2. Коли призначають допуски кута як  $TA_D$  і коли  $TA_h$ ?
3. Які встановлені ступені точності кутових розмірів і область їх застосування.
4. Які види конічних з'єднань застосовуються? На які параметри конічного з'єднання встановлюються допуски?
5. Для якого виду конічних з'єднань застосовують конус Морзе?
6. У чому полягає перевага конічних рухомих з'єднань?
7. Для чого використовують щільні конічні з'єднання? Наведіть приклади.
8. Які квалітети переважно застосовуються в конічних з'єднаннях?

## 15. ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ

### 15.1. Кріпильні різьби та їх основні параметри

Різьбові з'єднання поширені в машинобудуванні. У сучасних машинах понад 60% всіх деталей мають різьбу. З експлуатаційним призначенням розрізняють різьби загального призначення і спеціальні для з'єднання одного типу деталей відповідного механізму чи вузла.

За призначенням різьби поділяються на:

- кріпильні (метрична, дюймова) – застосовують для роз'єднувальних з'єднань деталей машин, основне їх призначення – забезпечити міцність з'єднань і зберегти щільність (нерозкидність) стику в процесі експлуатації;
- кінематичні (трапецеїдальні і прямокутні) – застосовують для ходових гвинтів, гвинтів супорта верстатів і столів вимірювальних приладів, основне їх призначення – забезпечити точне переміщення при найменшому терті, а також плавність обертання і високу



---

---

навантажувану здатність (для точних мікрометричних пар застосовують метричну різьбу підвищеної точності); перетворити обертальний рух у прямолінійний в пресах і домкратах;

- трубні і арматурні (трубна циліндрична і конічна, метрична конічна) застосовують для трубопроводів і арматури, основне їх призначення – забезпечити герметичність з'єднань.

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

**За числом входів** різьби розрізняють одно- і багатовхідні.

**За напрямком обертання** контура різьби поділяються на праві і ліві.

У тракторах, автомобілях і сільськогосподарських машинах в більшості з'єднань застосовують кріпильні різьби як для скріплення деталей між собою, так і в регулюючих пристроях.

Далі будемо розглядати допуски і посадки кріпильних метричних різьб.

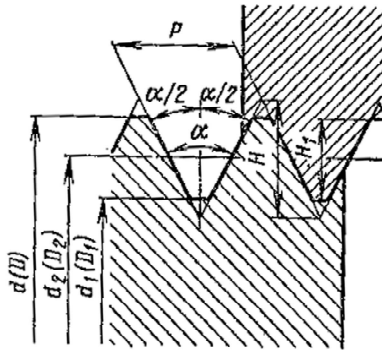
Метрична різьба поділяється на дві групи: з основним (великим) і з дрібним кроком. У різьби з основним кроком кожному діаметру відповідає певний крок, а різьби з дрібним кроком для кожного діаметра можуть призначитися різні кроки.

Різьба з дрібним кроком надійніша порівняно з основною різьбою, там, де можливе самовідгвинчування. Тому різьбу з основним кроком рекомендується використовувати для з'єднання деталей, що мають постійне навантаження, без поштовхів і вібрацій. Різьба з дрібним кроком рекомендується для деталей, що працюють із змінним навантаженням, в умовах вібрації, при малій довжині згвинчування, для тонкостінних деталей, у різних регулюючих пристроях.

Основні параметри циліндричної різьби установлені в ДСТУ 2497-94, вони зображені на рис. 15.1.

Деталь із внутрішньою різьбою називають гайкою, із зовнішньою – болтом.

Для більшості різьб за номінальний діаметр різьби приймають зовнішній діаметр зовнішньої різьби.



**Рис. 15.1. Профіль і основні параметри метричної різьби**

**Номинальний діаметр різьби** – це діаметр, який умовно характеризує розміри різьби та використовується для її позначення.

**Зовнішній діаметр різьби  $d, D$**  – діаметр уявного прямого кругового циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої або западин внутрішньої циліндричної різьби.

**Внутрішній діаметр різьби  $d_1, D_1$**  – діаметр уявного прямого кругового циліндра, вписаного у западини зовнішньої або у вершини внутрішньої циліндричної різьби.

**Середній діаметр різьби  $d_2, D_2$**  – діаметр уявного, співвісного з різьбою прямого кругового циліндра, твірна якого перерізає профіль різьби таким чином, що її відрізки, утворені перетином з канавкою, дорівнюють половині номінального кроку різьби.

**Крок різьби  $P$**  – відстань по лінії, паралельній до осі різьби, між середніми точками найближчих однойменних бічних сторін профілю різьби, які лежать в одній осьовій площині по один бік від осі різьби.

**Кут профілю різьби  $\alpha$**  – кут між суміжними бічними поверхнями різьби у площині осьового перерізу.

**Кут нахилу бічної поверхні різьби  $\beta, \gamma$**  – кут між бічною поверхнею різьби та перпендикуляром до осі різьби у площині осьового перерізу.

**Висота профілю різьби  $h_3, H_4$**  – відстань між вершиною і западиною різьби у площині осьового перерізу у напрямку, перпендикулярному до осі різьби.

Робоча висота профілю різьби  $H_1$  – довжина проекції ділянки взаємного перекриття профілів зовнішньої та внутрішньої різьб, що спрягаються, на перпендикуляр до осі різьби.

### 15.2. Відхили кроку і половини кута профілю, їх діаметральна компенсація

На роботу різьбового з'єднання найбільше впливають відхилення кроку кута, профілю і середнього діаметра  $D_{cp}$ , тому що вони визначають характер контакту різьбового з'єднання, його міцність, точність поступального переміщення та інші експлуатаційні якості.

Призначити допуски і контролювати усі ці параметри надто складно і трудомістко. Із трьох перелічених параметрів найпростіше вимірювати середній діаметр.

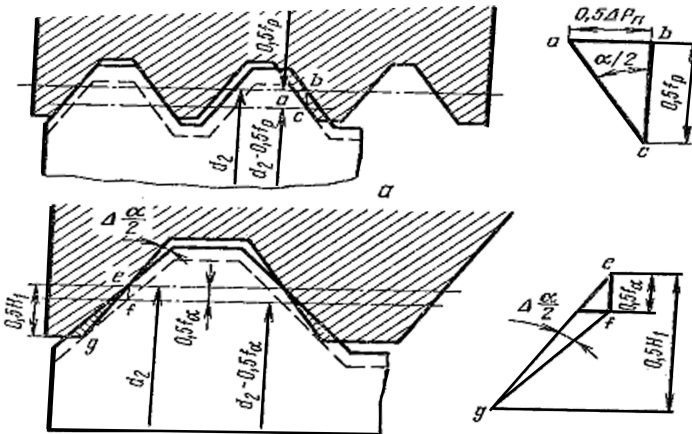


Рис. 15.2. Залежність між параметрами метричної різьби:  
 а – діаметральна компенсація похибки кроку;  
 б – компенсація похибки кута профілю

Оскільки між відхилами кроку, кута профілю і середнього діаметра існує геометрична залежність, треба, щоб допуск на середній діаметр передбачав також компенсацію відхилів кроку і кута профілю. Через похибки  $\Delta P$  (рис. 15.2 а) профілю різьби по середньому діаметру

змістився з точки  $a$  в точку  $b$ . Щоб компенсувати цю похибку кроку і забезпечити згвинчуваність, треба зменшити середній діаметр на величину  $f_p$ , тоді профіль зовнішньої різьби по середньому діаметру зміститься в точку  $c$ , згвинчуваність буде забезпечена.

Для метричної різьби діаметральна компенсація похибки кроку дорівнює

$$f_p = \operatorname{ctg} \alpha / 2 \cdot \Delta P_n = 1,732 \Delta P. \quad (15.1)$$

Визначається діаметральна компенсація з найбільшого значення відхилення  $\Delta P_n$ .

Залежність між відхилом половини кута профілю різьби  $\alpha/2$  діаметральною компенсацією відхилу кута профілю  $f\alpha$  можна встановити, використовуючи рис. 15.2 б. Через похибку кута профілю  $\Delta\alpha/2$  профіль зовнішньої різьби не може увійти в профіль внутрішньої різьби. Заштриховані трикутні ділянки заважають згвинчуванню.

Щоб компенсувати цю похибку профілю, треба зменшити середній діаметр на величину  $f\alpha$ , тоді профіль зовнішньої різьби по середньому діаметру зміститься з точки  $e$  в точку  $f$  і дотик профілів зовнішньої і внутрішньої різьб буде в точці  $q$ , що забезпечить згвинчуваність різьби.

Діаметральна компенсація

$$f_\alpha = \frac{2H_1 \Delta\alpha / 2}{\sin \alpha} \approx 0,36 \cdot P \Delta\alpha / 2. \quad (15.2)$$

Згвинчування можна забезпечити тільки за умови, що різниця середніх діаметрів зовнішньої і внутрішньої різьб буде дорівнювати чи буде більшою за суму діаметральних компенсацій кроку і половини кута профілю обох деталей.

Для зручності контролю різьби і розрахунку допусків введено поняття "зведений середній діаметр" різьби, який знаходять за такими рівняннями:

$$\text{для зовнішньої різьби } d_{zp} = d_{2\text{вим}} + (f_p + f_\alpha);$$

$$\text{для внутрішньої різьби } D_{zp} = D_{2\text{вим}} - (f_p + f_\alpha).$$

---

---

**Зведений середній діаметр** – це середній діаметр теоретичної різьби, яка згвинчується з дійсною різьбою без зазору і без натягу.

Допустимі відхили кроку і кута профілю не нормуються, а встановлюється тільки сумарний допуск на середній діаметр зовнішньої різьби  $Td_2$  і внутрішньої –  $TD_2$ , який вміщує допустимі відхили середнього діаметра і діаметральної компенсації відхилів кроку і кута профілю.

Сумарний допуск

$$Td_2(TD_2) = \Delta d_2(\Delta D_2) + f p + f \alpha . \quad (15.3)$$

Ці загальні принципи покладені в основу розроблених стандартів на допуски і посадки метричних різьб.

### 15.3. Ступені точності кріпильної різьби

Допуск середнього діаметра визначають залежно від прийнятого ступеня точності різьби.

Основним для всіх діаметрів прийнято допуск 6-го ступеня точності для:

$$d_2 \quad Td_2 (6) = 90P^{0,4} \cdot d^{0,1};$$

$$d \quad Td (6) = 180P^{0,66} - 3,15P^{0,5};$$

$$D_1 \quad TD_1 (6) = 433 - 190P^{1,22} \quad \text{при } P < 1\text{мм},$$

$$TD_1 (6) = 230P^{0,7} \quad \text{при } P > 1\text{мм};$$

$$D_2 \quad TD_2 (6) = 1,32d_2 .$$

Допуски для інших ступенів точності визначають шляхом добутку 6-го ступеня точності, визначеного за формулами на коефіцієнт, який наведено в табл. 19.

**Таблиця 19. Коефіцієнти розрахунку допусків залежно від ступеня точності**

Ступінь точності	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коефіцієнт	0,37	0,41	0,63	0,8	1,0	1,25	1,60	2,0	2,15

Допуски для різних ступенів точності створюють геометричну прогресію із знаменником 1,25. При одному й тому ж ступені точності різьби допуск  $TD_2$  на  $1/3$  більший від допуску  $Td_2$ . Це пояснюється тим, що точний розмір внутрішньої різьби технологічно отримати важко.

Залежно від довжини згвинчування різьбові з'єднання поділяються на три групи:  $S$  – мала довжина згвинчування;  $N$  – нормальна;  $L$  – велика.

Для кожного кроку залежно від діаметрів різьби передбачено два значення нормальної ( $N$ ) довжини згвинчування:  $2,24P \cdot d^{0,2}$  і  $6,7P \cdot d^{0,2}$ .

При довжині згвинчування  $L$  допуск пропонується збільшити, а при довжині згвинчування  $S$  – зменшувати на один ступінь точності.

#### **15.4. Поля допусків і посадки метричних різьб із зазором, натягом і перехідні посадки**

Залежно від експлуатаційних вимог до ступеня рухомості для різьбових з'єднань стандартами встановлені поля допусків, які створюють посадки трьох груп: із зазором, перехідні та з натягом.

**Посадки із зазором.** Для зовнішньої різьби встановлено п'ять відхилів ( $h, g, f, e, d$ ), для внутрішньої – чотири ( $H, G, F, E$ ), які дозволяють одержати різні посадки з гарантованим зазором (рис.97).

При графічному зображенні допусків різьби початком відліку відхилів діаметрів служить номінальний профіль, спільний для зовнішньої і внутрішньої різьби. Підрахунок ведеться в напрямку, перпендикулярному до осі різьби. Основні відхилення  $H$  і  $h$  дорівнюють нулю.

Поля допусків створюються сполученням ступеня точності і основного відхилення. Наприклад,  $7H$  означає поле допуску гайки 6-го ступеня точності з відхиленням  $H$ ;  $6g$  – поле допуску болта 6-го ступеня точності з відхиленням  $g$ .

---

---

Поля допусків болтів і гайок встановлені в трьох класах точності: точний, середній і грубий. Поняття класу використовується для порівняльної оцінки точності різьби.

На основі досвіду експлуатації різьбових з'єднань кожний клас характеризується відповідним набором полів допусків (табл. 19), переважаючи із яких наведені в рамках. Поля допусків, що в дужках, застосовувати не рекомендується.

Оскільки точність різьби визначається поєднанням полів допусків по середньому діаметру  $d_2(D_2)$  по зовнішньому  $d$  для зовнішніх і по внутрішньому  $D_1$  для внутрішніх різьб, позначення точності різьби складається з позначення поля допуску середнього діаметра, розміщеного на першому місці, і позначення поля допуску зовнішнього діаметра  $d$  чи внутрішнього  $D_1$ , розташованого на другому місці, наприклад, *7g6g, 5H6H*. Якщо поля допусків на ці параметри однакові, то в позначеннях їх не повторюють (*6g, 7H*).

Різьбові з'єднання із зазорами застосовують у таких випадках: з'єднання працює при високих температурах; треба швидко і легко згвинчувати деталі; на різьбові деталі наносять антикорозійні покриття; потрібна підвищена циклічна міцність різьбових з'єднань.

**Перехідні посадки.** перехідні посадки різьбових з'єднань за ГОСТ 24834-81 застосовують у тих випадках, коли в процесі роботи треба забезпечити нерухомість з'єднання, але створення великого натягу може призвести до руйнування деталей (вібрація, тонкостінні деталі тощо).

Оскільки в перехідних посадках дуже малі натяги не можуть витримати деталі від розгвинчування (тим більше, якщо в з'єднанні будуть зазори), треба в конструкції різьбового з'єднання, де припускається використовувати перехідні посадки, передбачити додаткові елементи заклинювання. Такими є – конічний збіг різьби, плоскі бурти після різьби чи циліндричні цапфи перед різьбою на кінці шпильки.

Перехідні посадки призначені для зовнішніх різьб (різьба на згвинчування частини шпильки) із сталі, спряжених з внутрішніми різьбами в деталях із чавуну, алюмінієвих і магнієвих сплавів. При використанні перехідних посадок для різьбових з'єднань з інших матеріалів потрібна їх додаткова перевірка.

**Таблиця 20. Поля допусків у різьбових з'єднаннях із зазором, що рекомендуються**

Клас точності	Поля допусків при довжині згвинчування					
	Зовнішня різьба			Внутрішня різьба		
	S	N	L	S	N	L
Точні	3h 4h	4g 4h	(5h, 4h)	4H	4H 5H	6H
Середні	5g 6g;	6f, 6e, 6d	7e , 6e;	5H		
	5h 6h	6g 6h	(7h 6h); 7g 6g			
Грубі	–	8h 8g	(5g 8g)	–	7H, 7G	8H (8G)

Стандартом передбачені чотири поля допусків для зовнішньої різьби (шпильки) *4jh, 4j, 4jk, 2m* і три поля допусків для внутрішньої (різьбові отвори) – *3H, 4H, 5H*. Рекомендовані перехідні посадки наведені у табл. 21.

Довжина згвинчування різьбових з'єднань з перехідними посадками повинна відповідати використуванню матеріалів деталей з внутрішньою різьбою і бути для сталі 1-1,25, для чавуну 1,25-1,5, для алюмінієвих і магнієвих сплавів 1,5-2,0d.

Відхилення форми зовнішньої і внутрішньої різьб, яке визначається різницею між найбільшим і найменшими дійсними середніми діаметрами, не повинно перевищувати 25% допуску середнього діаметра. Зворотна конусність не допускається.



**Таблиця 21. Рекомендовані поля допусків у різьбових з'єднаннях з перехідними посадками**

Номінальний діаметр різьби, мм	Матеріал деталі з внутрішньою різьбою	Поле допусків різьби		Посадки
		зовнішньої	внутрішньої	
Від 5 до 16	Сталь	4jk, 2m	4H6H; 3H6H	$\frac{4H6H}{4jk}$ ; $\frac{3H6H}{2m}$
	Чавун, алюмінієві і магнієві сплави	4jk, 2m	5H6H; 3H6H	$\frac{5H6H}{4jk}$ ; $\frac{3H6H}{2m}$
Від 18 до 30	Сталь	4j, 2m	4H6H; 3H6H	$\frac{4H6H}{4j}$ ; $\frac{3H6H}{2m}$
	Чавун, алюмінієві і магнієві сплави	4j, 2m	5H6H; 3H6H	$\frac{5H6H}{4j}$ ; $\frac{3H6H}{2m}$
Від 35 до 45	Сталь, чавун, алюмінієві і магнієві сплави	4jh	5H6H	$\frac{5H6H}{4jh}$
Від 35 до 45	Сталь, чавун, алюмінієві і магнієві сплави	4jh	5H6H	$\frac{5H6H}{4jh}$

**Посадки з натягом.** Посадки з натягом для різьбових з'єднань застосовують у таких випадках, коли треба усунути можливість самовідгвинчування тільки за рахунок натягу без застосування додаткових елементів заклинювання. Посадки з натягом ГОСТ 4608-81 призначені для зовнішніх різьб деталей із сталі (різьба на вгвинчуваній частині шпильки), з'єднувальних із внутрішніми різьбами деталей із сталі, високміцних і титанових сплавів, чавуну, алюмінієвих і магнієвих сплавів.

Стандартно передбачено три поля допусків середнього діаметра  $d_2$  для зовнішньої різьби (шпильки) –  $3n$ ,  $3p$ ,  $3r$  і одне поле допуску середнього діаметра  $D_2$  для внутрішньої різьби (отвір) –  $2H$ .

Поля допусків зовнішньої різьби по  $d$  встановлені  $6e$ ,  $6c$ , а внутрішньої різьби по  $D_1$  –  $4D$ ;  $5D$ ;  $4C$ ;  $5C$ , що по зовнішньому діаметру забезпечує зазор, а по середньому – натяг.

Навіть при незначному збільшенні натягу різко зростають напруги у з'єднанні, що може призвести до появи пластичних деформацій. Тому виникає потреба у проведенні селективного

складання із сортуванням різьбових деталей на дві чи три розмірні групи. Сортування треба проводити за середнім діаметром у середній частині довжини різьби. Різьбові з'єднання слід складати із різьбових деталей однойменних розмірних груп. Поля допусків  $3p$ ,  $3n$  без сортування на розмірні групи можна застосовувати у поєднанні з полем допуску  $3H6H$ , але оскільки ці посадки належать до перехідних, застосування вимагає додаткової перевірки.

Рекомендовані поля допусків та їх поєднання, що створюють посадки різьбових з'єднань із натягом, наведено у табл. 22. У дужках вказано число груп сортування. Технічні умови на довжину згвинчування і відхили форми зовнішньої і внутрішньої різьб такі ж, як і для перехідних посадок.

Позначення різьбових деталей і з'єднань на кресленнях проставляється після його розміру. Наприклад, болт  $M12-8g$ ; гайка  $M12-7H$ ; болт  $M12 \times 1,5-6g$ ; гайка  $M12 \times 1,5-6H$ . Посадки різьбових з'єднань позначають дробом, у чисельнику якого вказують поле допуску гайки, а в знаменнику – поле допуску болта:  $M12-7H/8$ ;  $M12 \times 1,5-6H/6g$ .

Якщо довжина згвинчування відрізняється від нормальної, то її вказують у позначенні після поля допуску, наприклад,  $M12-7g6g-30$ , де 30 – довжина згвинчування, мм.

**Таблиця 22. Рекомендовані поля допусків і посадок у різьбових з'єднаннях з натягом**

Матеріал деталі	Поля допусків			Посадка при кроці P		Додаткові умови складання
	зовнішньої різьби	внутрішньої різьби при кроці P		до 1,25	понад 1,25	
		до 1,25	понад 1,25			
Чавун і алюмінієві сплави	2g	$\frac{2H5D}{2H5D(2)}$	$\frac{5H5C}{2H5C(2)}$	$\frac{2H5D}{2g}$	$\frac{2H5C}{2g}$	
Чавун, алюмінієві та магнієві сплави	3p			$\frac{2H5D(2)}{3p(2)}$	$\frac{2H5C(2)}{3p(2)}$	Сортування на дві групи
Сталь, високоміцні і титанові сплави	3t(3)	2P4D(3)	2H4C(3)	$\frac{2H4D(3)}{3n(3)}$	$\frac{2H4C(3)}{3n(3)}$	Сортування на три групи

## 15. 5. Методи і засоби контролю метричних різьб

Є два методи контролю різьб: диференційний (поелементний) і комплексний. При диференційному контролі різьб перевіряють окремі елементи різьби: середній діаметр, крок і половину кута профілю. Висновок про придатність різьби роблять по кожному елементу окремо. Цей складний і трудомісткий вид контролю використовують для контролю точних різьб, калібрів-пробок, різьбового інструменту, а також при визначенні причин браку і налагоджуванні технологічного обладнання.

Середній діаметр різьби відповідальних різьб звичайно перевіряють на інструментальному або універсальному мікроскопах.

Поширився також метод контролю середнього діаметра точних різьб і мітчиків за допомогою трьох дротинок. Три дротинки певного діаметра вкладають в западини різьби (рис. 15.3) і визначають мікрометром, мініметром або оптиметром розмір  $M$ .

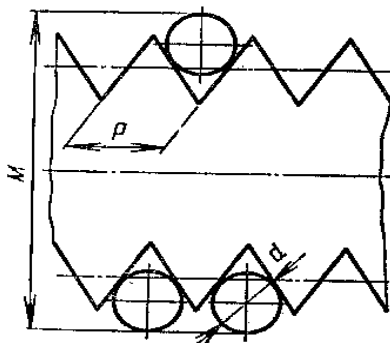


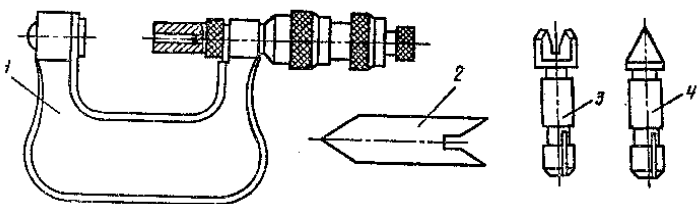
Рис. 15.3. Визначення середнього діаметра різьби методом трьох дротинок

При метричній різьбі середній діаметр різьби підраховують за формулою

$$d_2 = M - 3d + 0,866P \quad (15.4)$$

При відносно неточних вимірюваннях середнього діаметра користуються різьбовим мікрометром (рис. 15.4).

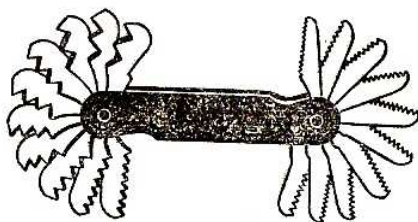
Вимірювання кроку різьби різьбових калібрів, мітчиків, відповідальних різьбових деталей провадиться на інструментальному мікроскопі.



**Рис. 15.4. Різбовий мікрометр**

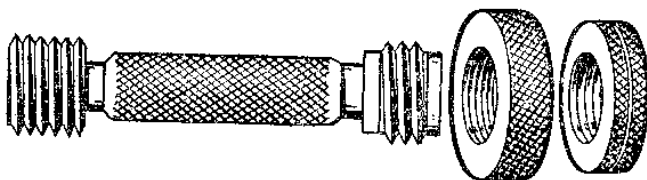
У ремонтному виробництві крок кріпильної різьби перевіряють за допомогою різбових шаблонів – різьбомірів (рис. 15.5).

Половини кута профілю точних різьб вимірюють на мікроскопах.



**Рис. 15.5. Різбові шаблони**

Комплексний контроль різьб забезпечується використанням різбових граничних калібрів: різбових кілець або скоб – для комплексної перевірки зовнішньої різьби, різбових пробок – для комплексної перевірки внутрішньої різьби (рис. 15.6).



**Рис. 15.6. Різбові калібри:**

1 – пробка; 2 – кільця

---

---

При цьому одночасно контролюють середній діаметр, крок, половину кута профілю, а також внутрішній і зовнішній діаметр різьби шляхом порівняння дійсного контуру різьбової деталі з граничними.

В умовах ремонтного виробництва комплексний контроль різьби звичайно здійснюють за допомогою нової спряжуваної деталі (болта або гайки). Недоліком цього виду контролю є можливість порушення взаємозамінності різьбових з'єднань. При цій перевірці спряжена деталь відіграє роль прохідного різьбового калібру, бо має повний профіль і довжину, що дорівнює довжині згвинчування. Отже, користуючись спряжуваною деталлю, можна вважати придатними болти або гайки з середнім діаметром, що лежить поза полем допуску.

### Контрольні питання

1. На які параметри різьби встановлюються допуски і як вони контролюються?
2. Які встановлені ступені точності різьб і в якій ступені знаходяться поля допусків переважачого застосування?
3. Які передбачаються види посадок різьбових з'єднань?
4. Які види посадок потребують селективного складання?
5. Як здійснюється позначення посадок різьбових з'єднань на кресленнях?

### Тести

1. Відхилення кроку і кута профілю різьби враховуються допуском на:
  - а) зовнішній діаметр;
  - б) середній діаметр;
  - в) внутрішній діаметр.
2. Параметри внутрішньої різьби, на які встановлюються допуски:
  - а)  $D$ ;  $\alpha$
  - б)  $P$ ;  $\gamma$
  - в)  $D_1$ ;  $D_2$
3. Різьбовим мікрометром вимірюють діаметр різьби:
  - а) середній;
  - б) зовнішній;
  - в) внутрішній.
4. При комплексному контролі параметрів різьби застосовують:
  - а) універсальні засоби вимірювання;
  - б) граничні різьбові калібри;
  - в) різьбові мікрометри.

---

5. При контролі різьби болта вимірюють параметри, на які встановлені допуски:

а)  $d; d_2$

б)  $P; \alpha$

в)  $d_f; \gamma$

6. Для різьби гайки М12-6Н7Н поле допуску 6Н задане:

а) на зовнішній діаметр;

б) на середній діаметр;

в) на внутрішній діаметр.

## 16. ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ШПОНКОВИХ І ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ

### 16.1. Взаємозамінність шпонкових з'єднань

Шпонки – це з'єднувальна ланка між деталями, що обертаються – шківками, зірочками, зубчастими колесами і валом. Основне призначення шпонкових з'єднань – передача крутного моменту. З усього різноманіття конструкцій шпонкових з'єднань в автотракторному і сільськогосподарському машинобудуванні найбільше розповсюджені призматичні і сегментні шпонки.

**Призматичні шпонкові з'єднання мають** розміри, що визначаються ГОСТ 23360-78. На рис. 16.1а, вказані позначення розмірів призматичного шпонкового з'єднання.

Залежно від призначення шпонкового з'єднання і умов його роботи рекомендуються поля допусків з'єднання вал – втулка за номінальним діаметром  $d_n$  для отворів  $H6, H7, H8$  і для валів  $h6, h7, j_6, k6, m6, n6, s7, s8, x8, u8$ .

Залежно від характеру спряження: щільне, нормальне, вільне, для спряження "шпонка-паз вала" і "шпонка-паз втулки" ГОСТ24071-80, встановлює поля допусків, що наведені в табл. 23, а на рис. 16.2 зображено їх взаємне розташування.

Всі інші розміри шпонкового з'єднання крім  $d$  (рис. 16.1а) є непасадочними розмірами, на котрі встановлені такі поля допусків:

$h$  – висота шпонки – по  $h11$ ;

$l$  – довжина шпонки – по  $h14$ ;

$l_{вал}$  – довжина паза на валу – по  $H15$ ;

$l_{вт}$  – довжина паза у втулці – по  $H15$ ;

$t_1$  – виконавча глибина фрезерування паза вала – по  $H12$ ;

$t_2$  – виконавча глибина фрезерування паза втулки – по  $H12$ .

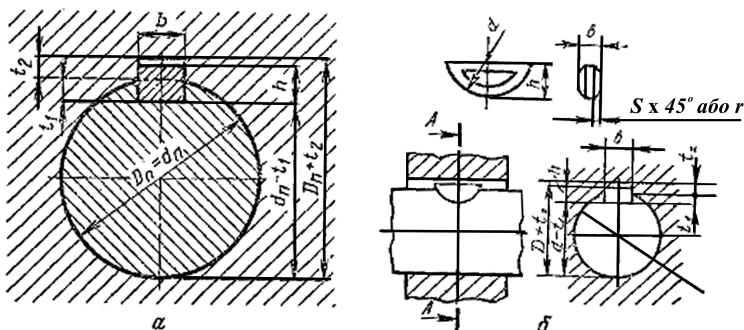


Рис. 16.1. Позначення розмірів шпонкових з'єднань

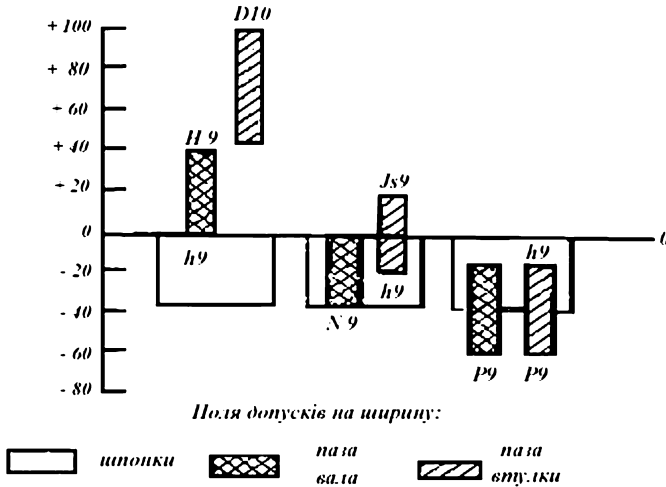
Таблиця 23. Поля допусків, що рекомендовані в спряженнях шпонка-паз вала (втулки)

Вид з'єднання і характер виробництва	Поля допусків, що рекомендуються		
	ширина шпонки	ширина паза вала	ширина паза втулки
Щільні з'єднання при точному центруванні (індивідуальне виробництво)	$h9$	<b>9</b> <b>P</b>	$P9$
Нормальне з'єднання (масове виробництво)	$h9$	<b>9</b> <b>N</b>	$J_s9$
Вільне з'єднання (направляючі шпонки)	$h9$	<b>9</b> <b>H</b>	<b>10</b> <b>D</b>

**Сегментні шпонки** використовуються тільки в з'єднаннях нерухомих в процесі роботи.

Розміри сегментних шпонок, встановлені ГОСТ24071-80 і вказані на рис. 16.1б. Граничні відхилення ширини паза встановлюють залежно від характеру з'єднання. Вони повинні відповідати при нормальному з'єднанні: паз вала –  $N9$ , паз втулки –  $J_s9$ ; при щільному з'єднанні: паз вала і паз втулки –  $P9$ .

Граничні відхилення шпонки встановлюються для ширини  $d$  по  $h9$ , висоти  $h$  по  $h11$ , діаметра  $d$ - по  $h12$ .



**Рис. 16.2.** Розташування рекомендованих полів допусків шпонкового з'єднання

Для того, щоб забезпечити взаємозамінність та збирання шпоночного з'єднання недостатньо тільки витримати розміри вала і отвору, шпонки, паза вала і паза втулки. Необхідно витримати паралельність і симетричність шпоночного паза відносно площини поздовжнього перетину, який проходить через вісь. Ці допуски повинні бути вказані на кресленнях втулки і вала. Допуски встановлюються залежно від величини допуску на ширину шпонки: для допуску паралельності –  $0,5T_{ш}$ , для несиметричності  $2T_{ш}/3$ .

### 16.2. Методи і засоби контролю деталей шпонкового з'єднання

Для диференційованого контролю розмірів деталей шпонкового з'єднання можна використовувати універсальні засоби вимірювання, однак це вимагає великих затрат часу. Тому на заводах автотракторного і сільськогосподарського машинобудування деталі шпонкових з'єднань контролюють за допомогою граничних калібрів.

Ширину пазів вала і втулки перевіряють пластинами, що мають прохідну і непрохідну сторони. (рис. 16.3а). Розмір від утворювальної циліндричної поверхні втулки до дна паза ( $D_n + t^2$ ) контролюють



пробкою зі ступінчастим виступом (рис. 16.3б). Глибину паза вала  $t_1$  перевіряють кільцевими калібрами, що мають стрижень з прохідною і непрохідною ступенями (рис. 16.3в). Симетричність розташування паза відносно осьової площини перевіряють у втулки пробкою з шпонкою (рис. 16.3г), а у вала – накладною призмою з контрольним стрижнем (рис. 16.3д).

Під час ремонту машин можна використовувати як універсальні засоби вимірювання, так і калібри. Із великої кількості розмірів шпонкового з'єднання за рахунок пластичних деформацій змінюється тільки ширина шпон очних пазів і самої шпонки. Тому при дефектації можна застосовувати універсальні засоби вимірювання, а при відновленні шпонкових пазів бажано використовувати граничні калібри.

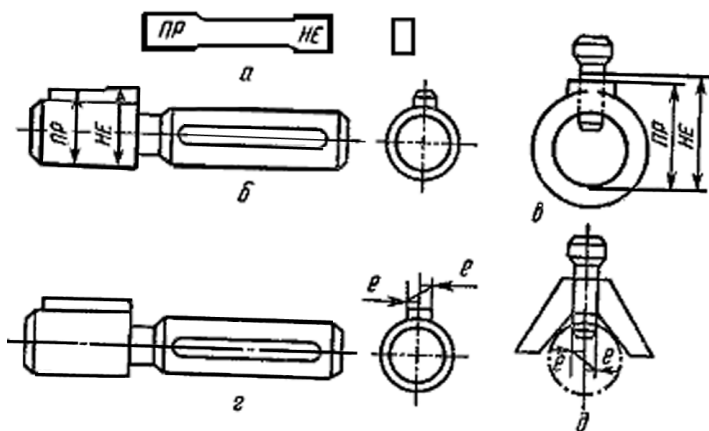


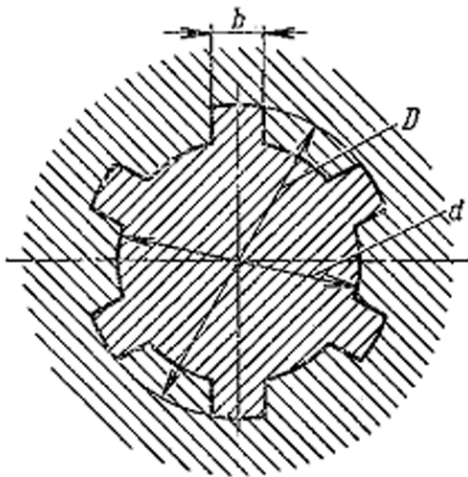
Рис. 16.3. Калібри для контролю деталей шпонкових з'єднань

### 16.3. Взаємозамінність шліцьових з'єднань

Шліцьові з'єднання, не дивлячись на більш складну технологію виготовлення у порівнянні з шпонковими, знаходять все більш широке застосування. Це пояснюється наступними їх перевагами: краще центрування і направлення посаджених на вал деталей; більш рівномірне розподілення навантаження по висоті зуба; менша концентрація напружень, що дозволяє при однакових габаритах передавати більший крутний момент.

Залежно від призначення, умов роботи, конструктивних особливостей використовують три види шліцевих з'єднань, що відрізняються профілем зубів: прямобічні, шліцеві евольвентні з кутом профілю  $30^\circ$  і трикутні.

Найбільш розповсюджені шліцеві з'єднання з прямобічним профілем і парною кількістю зубів. Основні параметри такого з'єднання зображено на рис. 16.4. ГОСТ 1139-80 встановлює розміри шліцевих прямокутних з'єднань трьох серій: легкої, середньої, важкої. Легку серію, що має найменшу висоту і кількість зубів, застосовують у нерухомих і малонавантажених з'єднаннях. З'єднання середньої серії має більші у порівнянні з легкою серією висоту і кількість зубів, їх застосовують при середніх навантаженнях. У з'єднань важкої серії найбільші висота і число зубів, ці з'єднання призначені для важких умов роботи.

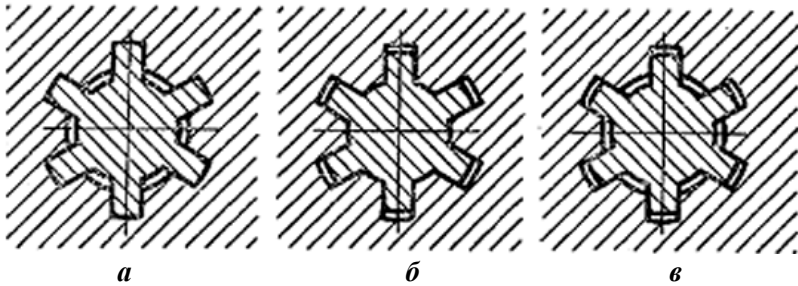


**Рис. 16.4.** Основні розміри шліцевого з'єднання

Шліцеві з'єднання можуть бути рухомими, коли втулка переміщується уздовж вала (зубчасті колеса коробок передач, роздавальних коробок, муфт, що включають і виключають), і нерухомими, коли втулка в процесі роботи не повинна переміщуватися по валу.

Залежно від технологічних і експлуатаційних вимог центрування вала і втулки досягається одним з трьох методів: за

зовнішнім діаметром  $D$ , внутрішнім діаметром  $d$  і боковими сторонами  $e$  (рис. 16.5).



**Рис. 16.5. Методи центрування шліцьових з'єднань**

Центрування за зовнішнім діаметром  $D$  рекомендується, коли втулка термічно не обробляється і коли твердість її матеріалу допускає обробку протягуванням, що дозволяє отримати діаметр впадин втулки точного розміру. Вал у даному випадку шліфують за зовнішнім діаметром. Цей спосіб найбільш простий, економічний. Його широко застосовують в автотракторному і сільськогосподарському машинобудуванні.

Центрування за внутрішнім діаметром  $d$  доцільно, коли втулка має високу твердість і точний розмір можна отримати тільки для діаметра  $d$ , використовуючи внутрішнє шліфування. Вал при цьому обробляється на шліцшліфувальному верстаті, котрий дозволяє отримати точний розмір внутрішнього діаметра вала. Цей метод забезпечує високу точність центрування, але вартість виготовлення шліцьових деталей значно збільшується.

Центрування за боковими сторонами зубів  $e$  не забезпечує точного центрування втулки і вала, але дає найбільш рівномірне розподілення сил між зубами. Цей метод рекомендується застосовувати при передачі великих крутних моментів або при знакоперемінних навантаженнях, коли виникає потреба у мінімальних зазорах між боковими поверхнями зубів і впадин (наприклад, при центруванні ковзних шліцьових з'єднань карданних валів автомобілів і тракторів).

У випадку необхідності можна застосовувати одночасне центрування за боковими поверхнями шліців і за одним з діаметрів. Але таке підвищення точності шліцьового з'єднання, пов'язане з

---

---

збільшенням вартості виготовлення, повинно бути технічно і економічно обгрунтовано.

З полів допусків валів і втулок, що рекомендуються стандартом виділені такі переважаючі поля допусків:

валів –  $g6; js6; f7; js7; k7; e8; f9; h9; d9; f9;$

втулок –  $H7; F8; D9; F10.$

Стандартом передбачені також сполучення полів допусків валів і втулок, що рекомендуються, вони утворюють посадки, серед яких залежно від методу центрування виділені переважаючі:

- центрування за внутрішнім діаметром –

посадки центруючого діаметра  $d: \frac{H7}{f7}; \frac{H7}{g6};$

посадки за шириною  $d: \frac{D9}{h9}; \frac{D9}{k7}; \frac{F10}{js7};$

- центрування за зовнішнім діаметром –

посадки центруючого діаметра  $D: \frac{H7}{f7}; \frac{H7}{js6}$

посадки за шириною  $d: \frac{F8}{f7}; \frac{F8}{f8}; \frac{F8}{js7};$

- центрування за боковими сторонами зубів –

посадки за шириною  $d: \frac{F8}{js7}; \frac{D9}{e8}; \frac{D9}{f8}; \frac{F10}{d9}; \frac{F10}{f8}.$

Поля допусків нецентруючих діаметрів також встановлені стандартом: при центруванні по  $D$  або  $b$  поле допуску втулки по  $d-H11$ , діаметр вала  $d$  не менше  $d_j$ ; при центруванні по  $d$  або  $b$  поле допуску втулки по  $D-H12$ , вала по  $D-a11$ .

Необхідно пам'ятати, що у всіх посадках, що рекомендуються, центруючими елементами забезпечується гарантований зазор. Це необхідно для того, щоб компенсувати похибки форми і розташування поверхонь шліцьових зубів і впадин.

Позначення прямобічних шліцьових з'єднань, валів і втулок повинні містити: букву, що вказує поверхню центрування; кількість зубів, номінальні розміри  $d, D$  і  $b$  в з'єднанні вала і втулки; позначення полів допусків або посадок діаметрів, а також розміру  $b$ , розміщені після відповідних розмірів. У позначенні можна не вказувати допуски нецентруючих діаметрів.

---

---

Приклади позначення шліцевих з'єднань:

$$1) d-8 \times 32 \frac{H7}{f7} \times 36 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{D9}{h9},$$

де  $d$  – центруючий діаметр;

$z=8$  – кількість зубів;

$d=32$  – внутрішній діаметр;

$D=36$  – зовнішній діаметр;

$b=6$  – ширина зуба;

умовне позначення втулки цього з'єднання –

$$d-8 \times 32 H7 \times 36 H12 \times 6 D9;$$

умовне позначення вала цього з'єднання –

$$d-8 \times 32 f7 \times 36 a11 \times 6 h9;$$

$$2) D-8 \times 32 \times 36 \frac{H7}{f7} \times 6 \frac{F8}{f8} \text{ (центрування по } D\text{);}$$

$$3) b-8 \times 32 \times 36 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{D9}{f8} \text{ (центрування по } d\text{).}$$

Шліцеві з'єднання з евольвентним профілем у порівнянні з прямобічними мають ряд переваг: здатність передавати великий крутний момент при тому ж діаметрі вала, краще центрування з'єднувальних деталей і здатність самовстановлюватися під навантаженням.

Однак особливість технології виготовлення цих з'єднань дозволяє економічно обґрунтовано застосовувати їх тільки в багатосерійному і масовому виробництві.

Номінальні розміри шліцевих евольвентних з'єднань з кутом профілю  $30^\circ$ , номінальні розміри і вимірювані величини  $M_i$  і  $M$  по роликах і довжині загальної нормалі  $W$  (рис. 16.6) встановлені ГОСТ 6033-80. Цим же стандартом визначений вихідний контур, форма зубів і впадин, модулі і кількість зубів, а також допуски і посадки.

Деталі шліцьового евольвентного з'єднання центрують в основному за боковими поверхнями  $s$  і зовнішнім діаметром  $D$ , хоча допускається також центрування по внутрішньому діаметру.

При centruванні за боковими поверхнями зубів граничні відхилення ширини впадини втулки  $e$  і товщини зуба вала  $s$  відраховують від їх загального номінального розміру на дузі ділильного кола.

Встановлені два види допусків:  $T_e(T_s)$  – допуск власне ширини впадини втулки (товщини зуба вала);  $T$  – сумарний допуск, що включає відхилення ширини впадини (товщини зуба) і відхилення форми і розташування елементів профілю впадини (зуба), що визначається комплексним калібром.

Позначення допусків, основних і граничних відхилів зображено на рис. 16.6.

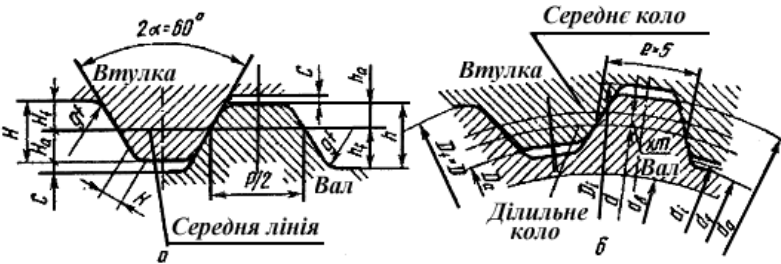


Рис. 16.6. Параметри евольвентного шліцьового з'єднання

Для з'єднань з модулями від 0,5 до 10 мм встановлені ступені точності елементів з'єднання і ряди основних відхилів для ширини впадини втулки і товщини зуба вала, утворюють посадки по бокових поверхнях зубів, що рекомендуються (табл. 24).

Для відмінності від позначень ступеня точності і основного відхилення, прийнятих у гладких з'єднаннях, де число слідує за літерою, в шліцьових евольвентних з'єднаннях прийнятий зворотний порядок. Допускається застосовувати інші посадки, що створені сполученням рекомендованих полів допусків.

Крім допусків на ширину впадини втулки і товщину зуба вала, стандарт встановлює також граничні значення радіального биття  $F_r$  зубчастого венця центруючих діаметрів.

**Таблиця 24. Посадки по бокових поверхнях зубів**

Поле допуску ширини впадини втулки	Поле допуску товщини зуба вала									
	$9r$	$8p$	$7n$	$8k$	$7h$	$9h$	$9g$	$7f$	$8f$	$10d$
<b>H</b> 7	$\frac{7H}{9r}$	$\frac{7H}{8p}$	$\frac{7H}{7n}$	$\frac{7H}{8k}$	$\frac{7H}{7h}$	-	-	-	-	-
$9H$				$\frac{9H}{8k}$	-	$\frac{9H}{9h}$	$\frac{9H}{9g}$	$\frac{9H}{7f}$	$\frac{9H}{8f}$	-
$11H$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{11H}{10d}$

При центруванні за зовнішнім діаметром встановлені поля допусків центруючих діаметрів  $D_f$  і  $d_a$  та їх сполучення (табл. 25).

**Таблиця 25. Поля допусків центруючих діаметрів**

Центруючий діаметр	Поле допуску	
	ряд 1	ряд 2
$D_f$	H7	H8
$d_a$	n6; js6; h6; g6; f7	n6; h6; g6; f7

При виборі полів допусків ряду 1 слід віддати перевагу перед рядом 2.

Поля допусків ширини впадини втулки  $e$  слід призначати  $9H$  або  $11H$ , а поля допусків товщини зуба вала  $s$  – відповідно  $9h$ ;  $9g$ ;  $9d$ ;  $11c$ ;  $11a$ .

Поля допусків нецентруючих діаметрів при центруванні за боковими поверхнями зубів і при центруванні за зовнішнім діаметром повинні відповідати вказаним у табл. 26.

**Таблиця 26. Поля допусків нецентруючих діаметрів**

Вид центрування	Нецентруючий діаметр	Поле допуску
За боковими поверхнями зубів	$Df$	При плоскій формі дна впадини $H16$
	$Da$	При закругленій формі дна впадини $Df_{min} = D$
	$da$	$H11$ $d9, h12$
	$df$	При плоскій формі дна впадини $h16$
		При закругленій формі впадини $df_{min} = D - 2,2m$
За зовнішнім діаметром	$Da$	$H11$ При плоскій формі дна впадини $h16$
	$df$	При закругленій формі дна впадини $df_{min} = D - 2,2m$

На кресленнях умовне позначення шліцьового евольвентного з'єднання повинно містити: номінальний діаметр з'єднання  $D$ ; модуль  $m$ ; позначення посадки з'єднання (полів допусків валу і втулки), що розміщується після розмірів центруючих елементів; позначення стандарту.

Приклади позначення шліцьових евольвентних з'єднань:

1) при центруванні за боковими сторонами зубів

$$50 \times 2 \times 9H / 9g \quad \text{ГОСТ 6033-80};$$

2) при центруванні за зовнішнім діаметром

$$50 \times H7 / g6 \times 2 \quad \text{ГОСТ 6033-80};$$

3) при центруванні за внутрішнім діаметром

$$i50 \times 2 \times H7 / g6 \quad \text{ГОСТ 6033-80}.$$

Як і звичайно, на складальних кресленнях у чисельнику про- ставляють умовне позначення поля допуску втулки, а у знаменнику – поля допуску вала.



## 16.4. Методи і засоби контролю деталей шліцьового з'єднання

Для того, щоб забезпечити збирання шліцьових з'єднань, необхідний контроль валів і втулок комплексним і диференційованим методами. Диференційований контроль центруючого діаметра ( $D$  або  $d$ ) і ширини шліца  $b$  ще недостатній, щоб зробити висновок про збирання шліцьового з'єднання, оскільки можливі відхили від рівномірного розташування по окружності зубів і впадин, а також від паралельності бокових поверхонь шліців осі деталі. Тому деталі шліцьових з'єднань, як правило, контролюють комплексними прохідними калібрами (рис. 16.7).

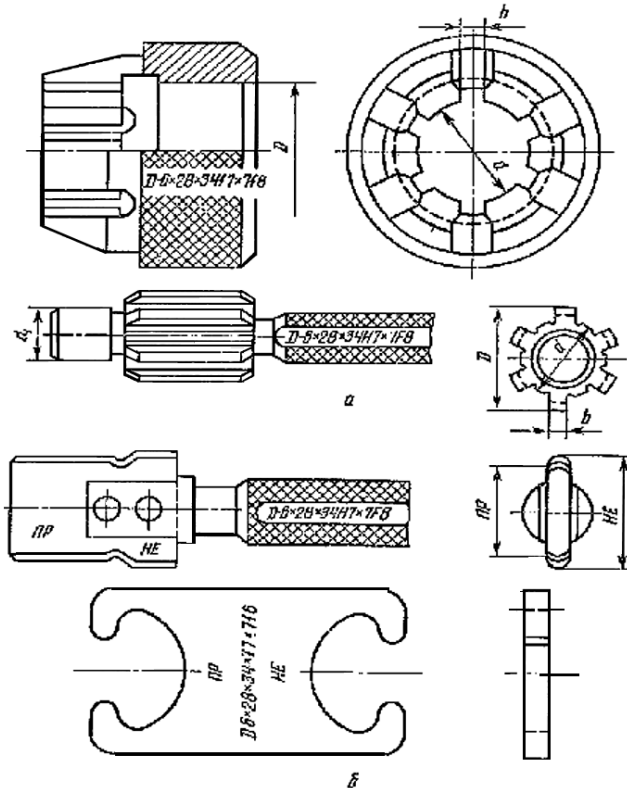


Рис. 16.7. Калібри для шліцьового з'єднання

---

---

При цьому поелементний контроль виконують, застосовуючи спеціальні калібри (рис. 16.7) або універсальні вимірювальні прилади.

При використанні комплексних калібрів отвір вважається придатним, якщо комплексний калібр-пробка проходить по всій довжини шліцьової поверхні, а діаметри і ширина паза не виходять за встановлені верхні межі; вал вважається придатним, якщо комплексний калібр-кільце проходить по всій довжині шліцьової поверхні, а діаметри і товщина зуба не виходять за встановлені нижні межі. За формою комплексні калібри є прототипом деталі, що сполучається. Тому на ремонтних підприємствах замість комплексних калібрів часто використовують нові деталі. Такі зразкові деталі повинні вільно входити в деталь, що перевіряється.

### Контрольні питання

1. Які види призматичних шпонкових з'єднань застосовуються і поля допусків, які їх забезпечують?
2. Як позначаються на кресленнях допуски розташування поверхонь шпонкового паза?
3. Які основні переваги мають шліцьові з'єднання відносно шпонкових?
4. Які застосовуються методи центрування шліцьових з'єднань і чим вони забезпечуються?
5. Які є види посадок шліцьових з'єднань і якими полями допусків вони забезпечуються?
6. Які засоби вимірювання деталей шліцьового з'єднання застосовуються при диференційному і комплексному контролі?

### Тести

1. У з'єднанні з призматичною шпонкою посадковим розміром є:
  - а) висота шпонки;
  - б) ширина шпонки;
  - в) довжина шпонки.
2. На ширину шпонки встановлено поле допуску:
  - а)  $h11$ ;
  - б)  $h7$ ;
  - в)  $h9$ .

---

---

3. Допуск паралельності паза і осі шпонкового з'єднання призначають залежно від:

- а) допуску на довжину паза;
- б) допуску на висоту паза;
- в) допуску на ширину паза.

4. Елементом центрування шліцьового з'єднання

$$D - 8 \times 32 \times 36 \frac{H7}{f8} \times 6 \frac{D9}{f7} \text{ є:}$$

- а) зовнішній діаметр;
- б) внутрішній діаметр;
- в) бічні сторони шліців.

5. Для шліцьової втулки  $d-8 \times 32H7 \times 36H12 \times 6D9$  вкажіть поле допуску елемента центрування:

- а)  $H12$ ;
- б)  $D9$ ;
- в)  $H7$ .

## **17. ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ**

### **17.1. Експлуатаційні вимоги до зубчастих передач**

Зубчаста передача – це складна кінематична пара, точність котрої повинна бути забезпечена багатьма параметрами. Від роботи зубчастих передач залежать такі показники роботи машин у цілому, як плавність і безшумність ходу автомобіля, передача великих крутних моментів у тракторі, забезпечення точного передаточного відношення в механізмах газорозподілення двигунів, висока точність кінематичних ланцюгів металоріжучих верстатів тощо. Збільшення швидкостей і навантаження, підвищення вимог до надійності і довговічності викликають необхідність виготовлення більш точних зубчастих передач.

Зубчасті передачі залежно від форми коліс і взаємного розташування осей діляться на циліндричні (осі паралельні), конічні (осі пересікаються), гвинтові, гепоідні та черв'ячні (осі перехрещуються). За експлуатаційними вимогами зубчасті передачі можна розділити на три основні групи: відлікові, швидкісні і силові.

---

---

**Відлікові передачі** повинні забезпечити високу кінематичну точність, тобто визначене передаточне відношення (узгодженість кутів повороту ведучого і відомого коліс). До цієї групи передач відносяться шестерні газорозподілення, шестерня і рейка паливного насоса дизеля, ланцюги ділильної головки, зубчаста передача в індикаторах годинникового типу. Передачі характеризуються наявністю невеликого модуля, передачею незначного навантаження і порівняно невеликими окружними споростями.

**Швидкісні передачі** повинні забезпечити плавність роботи, тобто працювати без шуму і вібрації. Вимоги до плавності зростають з підвищенням окружної швидкості зубчастих коліс. Звичайно в таких передачах важливими особливостями є також повнота контакту і належність гарантованого бокового зазору між непрацюючими профілями сполучених зубів. До швидкісних передач відносяться автомобільні коробки передач, передачі приводів центрифуг і турбокомпресорів, коробки швидкостей металоріжучих верстатів, редукторні вузли. Передачі характеризуються наявністю середнього модуля і значною довжиною зуба. Часто для цих передач в технічні умови вводять вимоги щодо відношення рівня шуму і вібрації.

**Силові передачі** повинні забезпечувати повноту контакту спряжених зубів (по довжині і висоті зуба). До цієї групи передач відносяться бортові передачі тракторів, редуктори вантажопід'ємних машин, редуктори інших машин, що працюють при великих навантаженнях і невеликих швидкостях. Силові передачі характеризуються наявністю великого модуля і великою довжиною зуба, малими швидкостями і здатністю передавати значні крутні моменти.

Відповідно до цих експлуатаційних вимог всі параметри точності зубчастої передачі за **ГОСТ 1643-81** розподілені на три групи:

- параметри, що забезпечують кінематичну точність;
- параметри, що забезпечують плавність роботи;
- параметри, що забезпечують контакт зубів.

## **17.2. Параметри точності зубчастих передач і методи їх контролю**

Параметри точності зубчастих передач неможливо розглядати окремо від методів їх контролю, оскільки самі визначення параметрів пов'язані з тим або іншим методом їх вимірювання. Достатньо

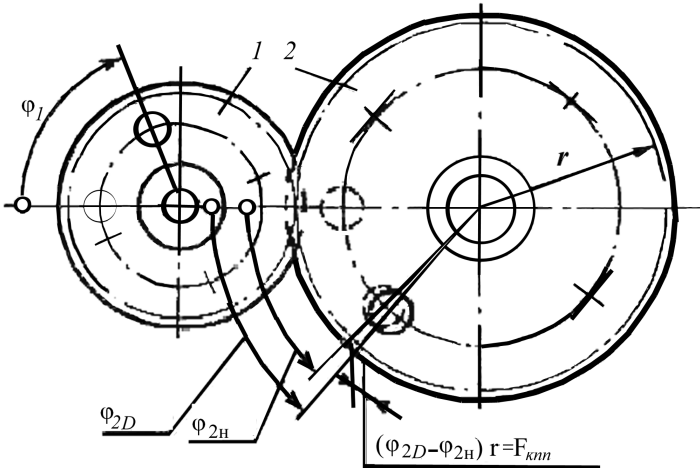
розглянути параметри точності на прикладі циліндричних прямозубих передач, які найбільш широко розповсюджені, маючи на увазі, що принципи побудови системи допусків для всіх різновидностей зубчастих передач є загальними.

**Кінематична точність передачі** характеризується слідуючи ми параметрами.

**Кінематична похибка передачі  $F_{knn}$**  – різниця між дійсним  $\varphi_{2D}$  і номінальним  $\varphi_{2н}$  кутами повороту веденого зубчастого колеса передачі; вона виражається довжиною дуги його ділильного кола (рис. 17.1) і дорівнює

$$F_{knn} = (\varphi_{2D} - \varphi_{2н})r, \quad (17.1)$$

де  $r$  – радіус ділильного кола веденого колеса.



**Рис. 17.1. Визначення кінематичної похибки передачі:**

1 – ведуче колесо, 2 – ведене колесо

Найбільша кінематична похибка передачі  $F'_{ior}$  – найбільша алгебраїчна різниця значень кінематичної похибки передачі за повний цикл зміни відносного положення зубчастих коліс. Вона дорівнює сумі кінематичної похибки обох коліс передачі.

Для того, щоб відрізнити дійсні відхилення від того, що додається, або від допуску, до основного позначення додають підрядковий індекс "r".

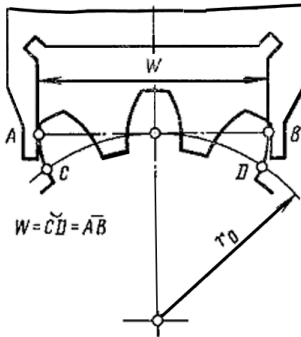
**Кінематична похибка зубчастого колеса**  $F_{kнк}$  – різниця між дійсним і номінальним кутами повороту зубчастого колеса на його робочій осі, веденого вимірювального колеса за відсутності непаралельності і перекосу осей обертання коліс; виражається вона довжиною дуги ділильного кола.

Найбільша кінематична похибка зубчастого колеса – це найбільша алгебраїчна різниця значень кінематичної похибки зубчастого колеса в межах його повного оберту.

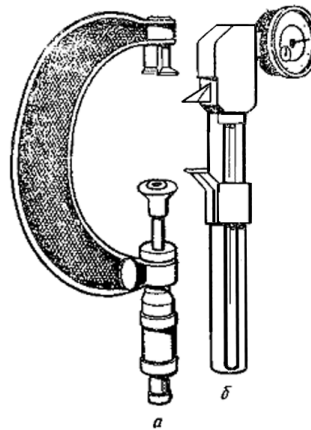
Кінематична точність зубчастих коліс залежить від таких похибок, сумарний вплив яких виявляється один раз за оберт колеса. До них відносяться похибки обкату, похибка кроків, що накопичується, радіальне биття зубчастого вінця, коливання довжини загальної нормалі і вимірювальної меж центрової відстані за оберт колеса.

**Колівання довжини загальної нормалі** визначається її довжиною. Довжина загальної нормалі  $W$  – відстань між різнойменними профілями двох зубів, виміряне за загальною нормаллю до них, і є дотичною до основного кола (рис. 17.2)

$$W = \overset{\sim}{CD} = \overline{AB} \quad (17.2)$$



**Рис. 17.2.** Визначення довжини загальної нормалі



**Рис. 17.3.** Зубомірний мікрометр та індикаторний нормалемір

Для циліндричних прямозубих не коригованих коліс при  $\alpha = 20^\circ$  номінальна довжина загальної нормалі може бути знайдена за формулою

$$W_n = m[1,476(2n-1) + 0,1387z] \quad (17.3)$$

де  $n$  – число зубів, що охоплюються ( $n = z/9 + 0,5$  і округляють до цілого більшого числа);

$z$  – число зубів колеса;

$m$  – модуль.

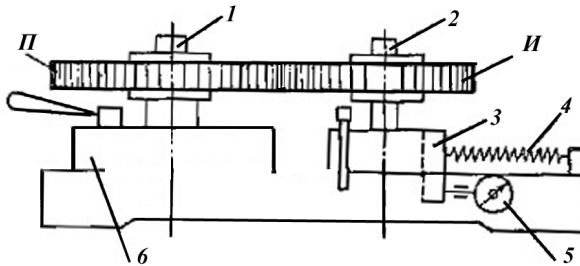
Коливання довжини загальної нормалі  $V_{wr}$  – різниця між  $W_{нб}$  і  $W_{нм}$  на одному і тому ж зубчастому колесі:

$$V_{wr} = W_{нб} - W_{нм} \quad (17.4)$$

Довжину загальної нормалі контролюють, використовуючи спеціальні зубомірні мікрометри, індикаторні мікрометри та індикаторні нормалеміри (рис. 17.3). Для контролю коліс грубих ступенів точності, а також у процесі ремонту при дефектації можна застосовувати штангенциркулі з точністю відліку 0,05 мм.

**Коливання вимірювальної міжосьової відстані.** Номінальна вимірювальна міжосьова відстань – розрахункова відстань між осями вимірювального і колеса яке перевіряється, що має найменше додаткове зміщення вихідного контуру. При цьому спряжені зуби коліс знаходяться в щільному двопротилежному зачепленні.

Вимірювальна міжосьова відстань при безззорному двопротилежному зачепленні контролюють використовуючи міжцентромір (рис. 17.4).



**Рис. 17.4.** Міжцентромір

*Принцип його дії.* На оправку 2, що встановлена в рухомій каретці 3, посаджено вимірюване колесо II а на оправку 1, що змонтована на нерухомому супорті 6, колесо, що перевіряється I.

---

---

Каретка 3, під дією пружини 4 притискає колесо, що вимірює до того, що перевіряється, чим створюється безззорне двопрофільне зачеплення. Під час провертання колеса, що перевіряється, коливання міжосьової відстані відраховують за покажчиком індикатора 5 або записують самописцем приладу на паперовій стрічці.

Коливання  $F_{ir}''$  вимірювальної міжосьової відстані за оберт колеса або коливання  $f_{ir}''$  вимірювальної міжосьової відстані на одному зубі дорівнює різниці між найбільшим і найменшим дійсними міжосьовими відстанями при безззорному двопрофільному зачепленні вимірювального зубчастого колеса з тим, що перевіряється, відповідно при оберті останнього на повний оберт. Кінематичну точність зубчастого колеса можна підвищити, якщо знизити радіальне биття колеса і обробкою його на верстатах з підвищеною кінематичною точністю при точному центруванні заготовки в процесі нарізання і шліфування зубів.

**Плавність роботи** зубчастої передачі визначається параметрами, похибки котрих багаторазово (циклічно) проявляються за оберт зубчастого колеса і складають частину кінематичної похибки.

**Циклічна похибка передачі  $f_{zkr}$  і зубчастого колеса  $f_{zkr}$**  – це подвоєна амплітуда гармонійної складової кінематичної похибки передачі або колеса.

**Циклічна похибка зубцевої частоти  $f_{zkr}$**  – це циклічна похибка зубчастого колеса з частотою, що дорівнює частоті входу зубів у зачеплення ( $k = z$ ). Циклічна похибка зубцевої частоти – головна причина порушення плавності роботи зубчастих прямозубих передач.

**Відхилення кроку зачеплення  $f_{pbr}$**  – різниця між дійсним і номінальним кроками зачеплення. Дійсний крок зачеплення дорівнює відстані між двома паралельними площинами, дотичними до двох однойменних активних бокових поверхонь сусідніх зубів зубчастого колеса в перетині, перпендикулярному до напрямленні зубів у площині, дотичній до основного циліндра.

Для визначення відхилу дійсного розміру кроку зачеплення від номінального використовують спеціальні крокоміри. На рис. 17.5 зображено крокомір з тангенціальними наконечниками. Вимірювальний наконечник 2 підвішений на плоских пружинах 1. Переміщення наконечника фіксується відліковим пристроєм 6 з ціною поділки 0,001 мм. Другий вимірювальний наконечник 3 встановлюють в потрібному положенні гвинтом 5. Опорний наконечник 4 підтримує прилад при вимірюванні і забезпечують розташування лінії



вимірювання по нормалі до профілів зубів. Крокомір настроюють за допомогою блоку кінцевих мір, розмір якого дорівнює номінальному значенню основного кроку.

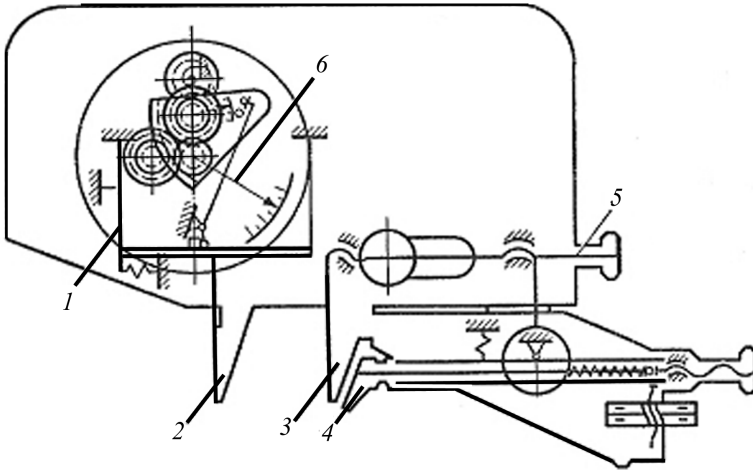
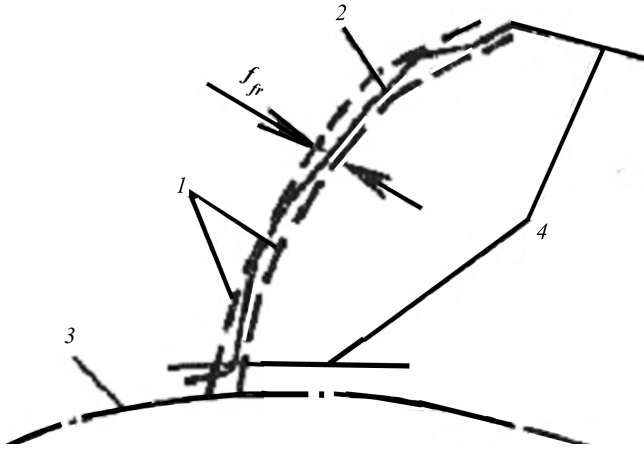


Рис. 17.5. Крокомір

Відхили кроку зачеплення призводять до того, що в зачепленні знаходиться тільки одна пара зубів, переспряження зубів супроводжується ударами, підвищеним шумом, передача працює не плавно. Якщо відхилів немає або вони незначні, то забезпечується плавне зачеплення, тому що до моменту виходу з зачеплення однієї пари зубів в контакт вже увійде наступна пара.

**Похибка профілю зуба  $f_{fr}$**  (рис. 17.6) відстань по нормалі між двома найближчими номінальними торцевими профілями 1, між котрими розміщується дійсний торцевий профіль 2 зуба колеса. Похибки профілю погіршують плавність роботи передачі і зменшують поверхню контакту зубів.

Похибки, що порушують плавність роботи передачі, багатократно повторюються за оберт колеса і викликають удари зубів, крутильні коливання приводу, поперечні коливання валів, вібрацію усього агрегату, що супроводжується підвищеним рівнем шуму і різко знижує довговічність швидкохідних важконавантажених передач.



**Рис. 17.6. Похибка профілю зуба:**

1 та 2 – номінальний та дійсний торцеві профілі; 3 – основне колесо;  
4 – межі активного профілю зуба

Плавність передачі можна підвищити, якщо збільшити кількість зубів дільного колеса зубооброблювальних верстатів, підвищуючи точність черв'яка, що сполучується з цим колесом, застосовуючи шевінгування і зубохонінгування бокових поверхонь зубів.

**Контакт зубів** у передачі в значній мірі визначає її довговічність, оскільки при неповному і нерівномірному приляганні зубів зменшується несуча поверхня, збільшуються контактні напруження, погіршуються умови змазки. Комплексним параметром, що характеризує повноту контакту, є сумарна пляма контакту.

**Сумарна пляма контакту** – це частина активної бокової поверхні зуба колеса, на якій розташовуються сліди прилягання його до зубів парного колеса після обертання зібраної передачі при легкому гальмуванні, що забезпечує безперервне контактування зубів обох коліс. На зуби парного колеса попередньо наносять шар фарби. Пляма контакту визначається відносними розмірами в відсотках (рис. 17.7):

□ по довжині зуба – відношенням відстані  $a$  між крайніми точками слідів прилягання за відрахуванням розривів  $c$ , що переважають значення модуля в міліметрах, до довжини зуба  $b$ :  $(a - c) \cos \beta 100 / b$ ; для прямозубих коліс –  $(a - c) 100 / b$ ;

□ по висоті зуба – відношення середньої (по всій довжині зуба) висоти слідів прилягання  $h_m$  до висоти зуба, що відповідає активній боковій поверхні  $h_p$ :  $(h_m / h_p)100$ .

Розміри плями контакту залежать від похибок виготовлення і монтажу передачі. Основними похибками, що впливають на повноту контакту зуба, є похибки направлення зуба, непаралельність і перекіс осей.

**Похибка направлення зуба  $F_{\beta}$**  – відстань по нормалі між двома найближчими одна до другої номінальними ділильними лініями зуба, між котрими розміщується дійсна ділильна лінія зуба, що відповідає робочій ширині вінця (рис. 17.8).

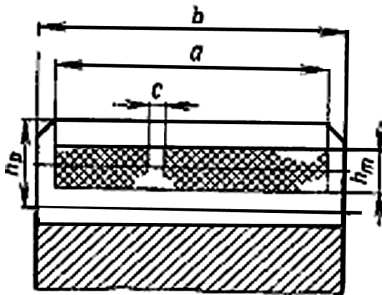


Рис. 17.7. Пляма контакту

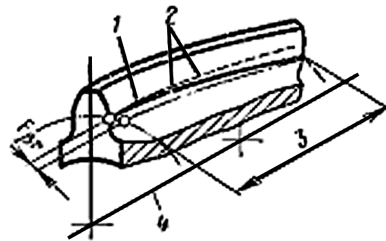


Рис. 17.8. Похибка направлення зуба

Дійсна ділильна лінія зуба – це лінія перехрещення дійсної бокової поверхні зуба колеса ділильним циліндром, вісь якого співпадає з робочою віссю.

**Непаралельність осей  $f_{xr}$**  – це непаралельність проекції робочих осей зубчастих коліс у передачі на площину, у якій лежить одна з осей і точка другої осі в середній площині передачі. Середня площина передачі – це площина, що проходить через середину робочої ширини вінця  $b_w$ .

**Перекіс осей  $f_{yr}$**  – непаралельність проекцій робочих осей зубчастих коліс при передачі на площину, що проходить через одну з осей і перпендикулярну площині, в якій лежить ця вісь і точка другої осі в середній площині передачі.

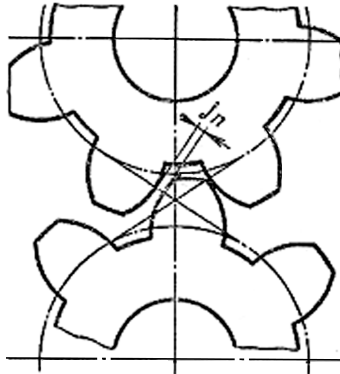
Непаралельність  $f_{xr}$  і перекіс  $f_{yr}$  осей визначають у лінійних одиницях на довжині, що дорівнює робочій ширині вінця.

---

---

Види спряжень зубів коліс у передачі впливають на нормальну роботу зубчастої передачі з евольвентним профілем зуба і в значній мірі визначаються наявністю гарантованого бокового зазору.

**Боковий зазор  $J_n$**  – зазор між непрацюючими профілями зубів спряжених коліс (рис. 17.8), що визначаються в перетині, перпендикулярному напрямленні зубів, в площині, дотичної до основного кола.



**Рис. 17.9. Боковий зазор**

Боковий зазор в зібраній відкритій передачі можна контролювати за допомогою індикатора, встановленого вимірювальним стрижнем на бокову активну поверхню зуба. При цьому колесо, що сполучається, повинно бути застопорене.

Погойдуванням колеса від упора до упора обирають боковий зазор, який буде дорівнювати найбільшій різниці показань індикатора. У закритих передачах боковий зазор можна виміряти за допомогою свинцевого дротика, що закладається між робочими поверхнями зубів. Вимірюючи товщину свинцевої дротинки після провертання колеса, визначають боковий зазор.

Боковий зазор призначений для створення необхідних умов змащення зубів, компенсації похибок виготовлення коліс і складання передачі компенсації температурних деформацій в передачі. Чим більше нагрівання передачі, тим більшим повинен бути боковий зазор. Недостатність зазору може призвести до заклинювання передачі. З іншої сторони, з збільшенням бокового зазору зростає небезпека ударів при реверсуванні передачі. Отже, при виборі бокового зазору

виходять з експлуатаційних вимог. У слабонавантажених механізмах і приладах, де робоча температура незначна, міжосьова відстань невелика і за умовами роботи небажана наявність вільного ходу передачі, боковий зазор може дорівнювати нулю. Таке зчеплення називається двопрофільним.

У зубчастих передачах тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин повинен бути визначений гарантований боковий зазор. Він забезпечується шляхом радіального зміщення вихідного контуру рейки (зуборізного інструменту). Його можна визначити через відхилення середньої довжини загальної нормалі і через відхили товщини зуба.

Додаткове зміщення вихідного контуру  $E_{nr}$  (рис. 17.10) від його номінального положення в тіло зубчастого колеса необхідно для забезпечення в передачі гарантованого бокового зазору. Нормується найменше значення цього зміщення  $E_{ns}$ .

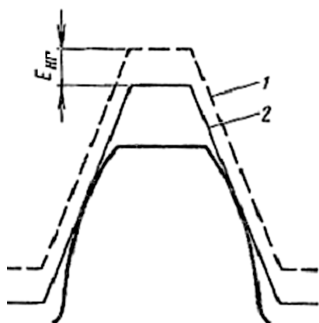


Рис. 17.10. Зміщення вихідного контуру

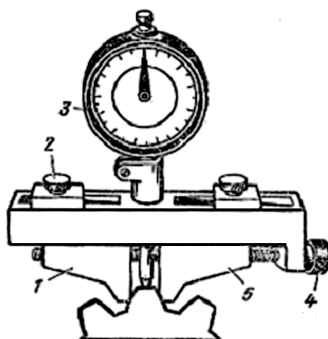


Рис. 17.11. Тангенціальний зубомір

Зміщення вихідного контуру контролюють за допомогою тангенціального зубоміра (рис. 17.11). Площини двох вимірювальних губок, що розташовані під кутом  $\alpha = 20^\circ$ , і кінець вимірювального стрижня утворюють вихідний контур зубчастої рейки. Відстань між вимірювальними губками 1 і 5 регулюють за допомогою гвинта 4, що має на одному кінці праву, а на другому – ліву різьбу.

Зуб колеса номінальних розмірів для настройки тангенціального зубоміра замінюють роликом, у котрого три точки, що стикаються з губками і вимірювальним стрижнем, співпадають з контуром зуба номінального розміру. Для кожного стандартного модуля до тангенціального зубоміра надається ролик визначеного діаметра. Під час настроювання вимірювальні губки зубоміра гвинтом 4 здвигують або розсовують так, щоб вони торкалися ролика приблизно своєю середньою частиною. У такому положенні губки стопорять за допомогою гвинтів 2. Індикатор 3 усувають або піднімають над приладом, щоб запас ходу дорівнював 1 або 2 мм, і в такому положенні стопорять, його шкалу ставлять нулем на стрілку.

Зміщення вихідного контуру в тіло зуба призводить до стоншення зуба, і тангенціальний зубомір глибше сяде на більш тонкий зуб. Індикатор покаже дійсне зміщення вихідного контуру.

**Середня довжина загальної нормалі  $W_m$**  – середня арифметична з усіх дійсних довжин загальних нормалей по зубчастому колесу.

$$W_m = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_z}{z} . \quad (17.5)$$

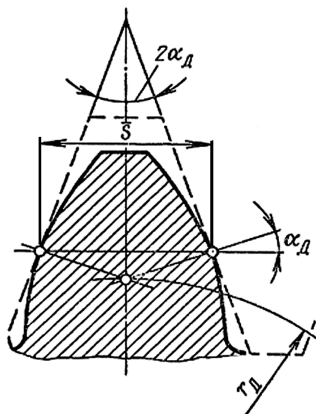
**Відхилення середньої довжини загальної нормалі  $E_{w_{mz}}$**  – це відхилення середньої довжини загальної нормалі від номінальної, що визначається за формулою

$$E_{w_{mr}} = W_n - W_m . \quad (17.6)$$

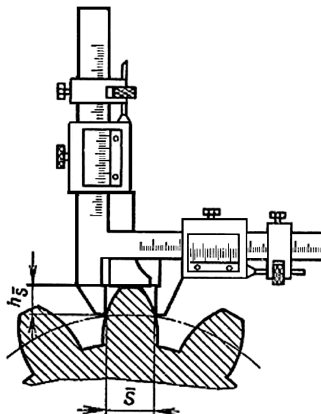
Нормується найменший запропонований відхил середньої довжини загальної нормалі, що здійснюється для забезпечення в передачі гарантованого бокового зазору.

**Найменше відхилення товщини зуба  $E_{es}$**  – найменше запропоноване зменшення постійної хорди, що здійснюється з метою забезпечення в передачі гарантованого бокового зазору.

Товщину зуба по постійній хорді  $S$  (рис. 17.12) (для некоригованих коліс при  $\alpha = 20^\circ$ ,  $S=1,387m$  вимірюють штангензубоміром (рис. 17.13).



**Рис. 17.12.** Товщина зуба по постійній хорді



**Рис. 17.13.** Штангензубомір

Штангензубомір складається з двох штанг, що перпендикулярні одна до другої і складаючи одне ціле, двох рухомих рамок з ноніусами і механізмами мікрометричної подачі. Товщину зуба вимірюють по постійній хорді краями вимірювальних губок. Для того, щоб вимірювання виконати саме по постійній хорді, упор необхідно встановити по вертикальній штанзі на відстані від кромки вимірювальних губок, що дорівнює  $h_s=0,7476m$ . При вимірюванні слід уважно слідкувати, щоб між упором штангензубоміра і вершиною зуба не було просвіту.

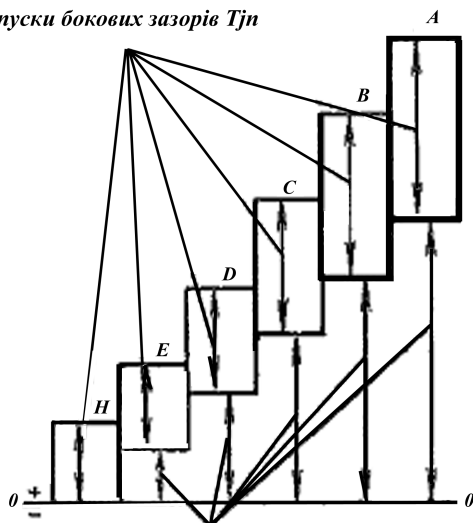
### 17.3. Система допусків на циліндричні зубчасті передачі

Допуски на евольвентні циліндричні зубчасті колеса і зубчасті передачі встановлені ГОСТ 1643-81. Цим стандартом регламентовані допуски на евольвентні циліндричні зубчасті передачі зовнішнього і внутрішнього зачеплення з прямозубими, косозубими і шевронними зубчастими колесами з діаметром ділильної окружності до 6300 мм, ширина вінця або напівшеврона до 1250 мм, модулів зубів від 1 до 55 мм. Встановлено 12 ступенів точності зубчастих коліс і передач, що позначаються в порядку убудання точності з **1** по **12**. Для ступенів точності **1** і **2** допуски і граничні відхилення не регламентовані, вони передбачені на перспективу.

Для кожної ступені точності зубчастих коліс і передач відповідно до експлуатаційних вимог встановлені норми: кінематичної точності; плавності роботи; контакти зубів. Допускається комбінування норм кінематичної точності, норм плавності роботи і норм контакту зубів зубчастих коліс і передач різних ступенів точності. При цьому норми плавності роботи зубчастих коліс і передач можуть бути не більш ніж на дві ступені точніше або на одну ступень грубіше норм кінематичної точності; норми контакту зубів можуть призначатися за будь-якими ступенями, більш точним, ніж норми плавності роботи зубчастих коліс і передач, а для передач з коефіцієнтом осьового перекриття  $\varepsilon_{\beta} \leq 1,25$  – також і на одну ступінь грубіше норм плавності.

Незалежно від ступеня точності зубчастих коліс і передач встановлюється шість видів спряжень зубчастих коліс у передачі за значенням бокового зазору (рис. 17.14) і вісім видів допуску на боковий зазор, що позначаються в порядку його зростання, буквами **h**, **d**, **c**, **b**, **a**, **z**, **y**, **x**. За відсутності спеціальних вимог до партії або комплекту передач видам спряжень **H** і **E** відповідає вид допуску на боковий зазор **h**, а видам спряжень **D**, **C**, **B** і **A** – види допуску **d**, **c**, **b** і **a** відповідно.

*Допуски бокових зазорів  $T_{j\alpha}$*



*Гарантовані бокові зазори  $j_{\min}$*

**Рис. 17.14.** Види спряження зубчастих коліс



Норми бокового зазору і відповідність між видами спряжень зубчастих коліс в передачі і видом допуску на боковий зазор дозволяється змінити, якщо використати при цьому і види допуску *z*, *y* і *x*.

**Таблиця 27. Діапазони ступенів кінематичної точності передач, в яких рекомендується застосовувати встановлені види спряжень**

Вид спряження	<b>Н</b>	<b>Е</b>	<b>Д</b>	<b>С</b>	<b>В</b>	<b>А</b>
Діапазон ступенів кінематичної точності передач	<b>3...7</b>	<b>3...7</b>	<b>3...8</b>	<b>3...9</b>	<b>3...10</b>	<b>3...12</b>

Точність виготовлення циліндричних зубчастих коліс і передач задається ступінь точності, а вимоги до бокового зазору – видом спряження по нормах бокового зазору. Виходячи з цього, стандарт встановлює правила умовного позначення точності зубчастих коліс і передач. Якщо по всіх трьох нормах встановлена одна ступінь точності, а вид спряження і допуск на боковий зазор відповідає один одному, позначення виглядає так: **Ст 7-D ГОСТ 1643-81**, що означає 7-у ступінь кінематичної точності, 7-у ступінь плавності роботи, 7-у ступінь контакту зубів, вид спряження *D* і допуск на боковий зазор *d*.

При комбінуванні норм різних ступенів точності і зміні відповідності між видом спряження і видом допуску на боковий зазор точність зубчастих коліс і передач позначається послідовним написанням трьох цифр і двох літер. Між собою і від зліто написаних літер цифри розділяються тире, наприклад *Ст 8-7-7Ba* ГОСТ 1643-81, що означає 8-у ступінь кінематичної точності, 7-у ступінь плавності роботи, 7-у ступінь контакту зубів, вид спряження *B* і допуск на боковий зазор *a*.

Для передач, у яких гарантований боковий зазор не відповідає жодному з указаних видів спряжень, літеру, що позначає вид спряження, не вказують. У такому випадку вказують прийнятий гарантований зазор в мікрометрах (мкм) і вид допуску на боковий зазор, наприклад, *Ст7-600y* ГОСТ 1643-81, що означає 7-у ступінь кінематичної точності, плавність роботи і ступінь контакту зубів, гарантований боковий зазор 600 мкм і допуск на боковий зазор *y*.

---

---

У випадках, коли на одну з норм точності не задається ступінь точності, замість відповідної цифри вказують літеру *N*. Наприклад, *См N-7-6-Ва* ГОСТ 1643-81.

Залежно від ступеня точності, діаметрів зубчастих коліс, коефіцієнта осевого перекриття, методів, що застосовуються і засобів контролю стандарт рекомендує комплекси показників, що характеризують кінематичну точність, плавність роботи, контакт зубів. Числові значення норм точності по всіх цих показниках подано в ГОСТ 1643-81.

#### **17.4. Вибір ступенів точності і комплексів показників контролю циліндричних зубчастих передач**

Вихідними даними для вибору ступенів точності є вимоги кінематичної точності, плавності роботи, контакту зубів, котрі в свою чергу, залежать від призначення передачі, колової швидкості коліс, потужності, що передається. Необхідна ступінь точності може бути визначена відповідними розрахунками.

На основі кінематичного розрахунку похибок всієї передачі і допустимого кута неузгодженості можна знайти необхідну ступінь кінематичної точності. Виходячи з розрахунку динаміки передачі, вібрації та рівня шуму, можна вибрати ступінь точності за нормами плавності роботи. Ступінь точності за нормами контакту може бути визначена розрахунками на міцність і довговічність. Остаточну ступінь точності необхідно обрати з урахуванням досвіду експлуатації аналогічних передач, використовуючи комбінування різних ступенів точності. Досвід показує, що в тракторах, автомобілях, редукторах у більшості випадків ступені за нормами контакту співпадають з ступенями за нормами плавності, наприклад, *7-6-6-С*; *8-7-7-С*. При виборі ступеня точності для орієнтування можна користуватися даними табл. 28.

При виборі комплексів показників контролю необхідно враховувати, що прилади однопрофільного зачеплення складні за будовою, для кожного колеса, що перевіряється, необхідне вимірювальне колесо з тими ж параметрами, крім того, потрібно ще проміжне широке колесо з тим же модулем і кутом вихідного контуру. Тому такі прилади не отримали широкого розповсюдження.

**Таблиця 28. Области і умови застосування зубчастих коліс різноманітного ступеня точності**

Ступінь точності циліндричного зубчастого колеса	Область застосування	Колові швидкості прямозубих (непрямозубих) коліс, м/с
5-а (прецизійна)	Колеса прецизійних механізмів або високошвидкісних передач (турбінні). Вимірювальні колеса для контролю коліс 8-ї і 9-ї ступені точності	понад 30 (понад 50)
6-а (високоточна)	Колеса ділильних механізмів, скоротних редукторів, відповідальних коліс в авіа-, авто- і верстатобудуванні	до 15 (до 30)
7-а (точні)	Колеса редукторів нормального ряду, колеса в авіа- і автобудуванні	до 10 (до 15)
8-а (середньої точності)	Колеса верстатів, що не входять у ділильні ланцюги, невідповідальні шестерні в авіа-, авто- і тракторобудуванні, колеса вантажопідіймних механізмів, відповідальні шестерні сільськогосподарських машин	до 6 (до 10)
9-а (зниженої точності)	Невантажнені передачі, що виконані за конструктивним міркуванням більшими, ніж отримані за розрахунком	до 2 (до 4)

**Таблиця 29. Комплексні показники контролю зубчастих коліс, що рекомендуються**

Норми	Значення норм для прямозубих і вузьких косозубих коліс				
	вимірювальних ділильних, відлікових	авіаційних, автомобільних, верстатних		тракторних, кранових, сільськогосподарських машин	
Ступені точності	3...5	4...6	6...8	6...9	9...11
Кінематична точність	1. $F_i'$ 2. $F_p$ і $F_{pk}$	1. $F_i''$ 2. $F_p$ і $F_{pk}$	$F_i''$ і $V_w$	1. $F_i''$ і $V_w$ $F_r$ 2. $F_r$ і $V_w$	
Плавність роботи	1. $f_i'$ 2. $f_{pb}$ і $f_f$	$f_{pb}$ і $f_f$	$f_i''$	1. $f_i''$ 2. $f_{pt}$ $f_{pt}$	
Контакт зубів	$F_p$	$F_\beta$	Сумарна пляма контакту	Сумарна пляма контакту	
Бічний зазор	$F_{ns}$ і $T_n$	$E_{ns}$ і $T_n$	1. $E_{a's}$ $E_{a''i}$ 2. $E_{w_{ms}}$ і $T_{w_m}$	1. $E_{a's}$ і $E_{a''i}$ $E_{w_{ms}}$ і $T_{w_m}$ 2. $E_{w_{ms}}$ і $T_{w_m}$	

Наприклад, необхідно дати висновок про придатність зубчастого колеса  $m = 5$ ,  $z = 36$ , що має ступінь точності 7-Д ГОСТ 1643-81. Колесо перевірене на битемірі, крокомірі і за плямою контакту. Отримані слідуючи результати:  $F_{rr} = 50 \text{ мкм}$ ;  $f_{prt} = 17 \text{ мкм}$ ;  $F_{pr} = 60 \text{ мкм}$ ; пляма контакту: по висоті – 50%, по довжині – 70%. Допуски за стандартом  $F_r = 56 \text{ мкм}$ ;  $F_p = 63 \text{ мкм}$ ;  $f_{pt} = \pm 20 \text{ мкм}$ ; пляма контакту не менш 45% по висоті і 60% по довжині.

Із зіставлення результатів вимірювань і допусків видно, що зубчасте колесо задовольняє вимогам вказаного ступеня точності.

---

---

### 17.5. Особливості системи допусків конічних і гіпоїдних зубчастих передач

Для конічних і гіпоїдних зубчастих передач з модулем від 1 до 56 мм і вихідним контуром за ГОСТ 9587-81 норми точності регламентовані ГОСТ 1758-81.

Встановлені 12 ступенів точності, котрі позначаються цифрами від 1 до 12 у порядку спадання точності; 1, 2 і 3 ступені точності резервні, допуски і граничні відхилення на них не встановлені.

Для кожної з ступенів точності передбачені норми кінематичної точності, плавності і контакту зубів в передачі. Дозволяється комбінування норм точності різних ступенів.

Встановлені також шість видів спряжень, але тільки п'ять видів допусків –  $h, d, c, b, a$ .

Норми точності конічних і гіпоїдних зубчастих передач позначаються аналогічно циліндричним, тільки з указівкою ГОСТ 1758-81.

### 17.6. Особливості системи допусків черв'ячних циліндричних передач

Для черв'ячних циліндричних передач і черв'ячних пар з модулем від 1 до 25мм норми точності встановлені ГОСТ 3675-81.

Стандартом передбачені 12 ступенів точності, для кожної з яких встановлені норми кінематичної точності, плавності, контакту зубів і витків.

Допускається комбінування норм точності різних ступенів.

Встановлені шість видів спряжень черв'яка з черв'ячним колесом  $A, B, C, D, E, H$  і вісім видів допуску  $T_{jn}$  на боковий зазор  $x, y, z, a, b, c, d, h$ .

Спряженням  $H$  і  $E$  відповідає допуск на боковий зазор  $h, a$  спряженням  $D, C, B, A$  – відповідно допуски  $d, c, b, a$ . Допуски  $x, y, z$  застосовують у тих випадках, коли допуск на боковий зазор не відповідає виду спряжень.

Відповідність видів спряження черв'яка з черв'ячним колесом у передачі і ступінь кінематичної точності регламентується стандартом.

Ступені точності 1...6 призначені для передач з регулюючим взаємним розташуванням черв'яка і черв'ячного колеса, а ступені точності 5...12 – для силових передач з нерегулюючим взаємним розташуванням черв'яка і черв'ячного колеса. Їх застосовують, наприклад, у черв'ячних передачах автомобілів і тракторів.

---

---

Умовне позначення норм точності черв'ячних передач також аналогічно циліндричним із посиланням на ГОСТ 3675-81.

### Контрольні питання

1. Які групи норм точності встановлені для зубчастих передач?
2. Залежно від яких експлуатаційних вимог встановлюються норми точності для різних груп?
3. Які встановлені ступені точності зубчастих передач?
4. Яка експлуатаційна характеристика визначає в основному вибір ступені точності зубчастої передачі?
5. Які встановлені види спряжень і норми точності бокового зазору?
6. Де на кресленні зубчастого колеса вказуються норми точності і параметри контролю?

### Тести

1. Похибка кута повороту зубчастої передачі впливає на:
  - а) плавність роботи;
  - б) кінематичну точність;
  - в) пляму контакту.
2. Жорсткі вимоги за рівнем шуму і вібрацій ставляться до зубчастих передач:
  - а) силових;
  - б) відлікових;
  - в) швидкісних.
3. Для заданої точності зубчастої передачі 8-7-6Ba ступінь точності плями контакту  $\epsilon$ :
  - а) 6;
  - б) 7;
  - в) 8.
4. Для вибору ступеня точності зубчастої передачі необхідно знати:
  - а) бічний зазор;
  - б) колову швидкість;
  - в) пляму контакту.
5. Бічний зазор у відкритих зубчастих передачах вимірюється:
  - а) штангенциркулем;
  - б) мікрометром;
  - в) індикатором.

---

---

### Відповіді на тести

Розділ 1	1в	2в	3б	4б				
Розділ 2	1в	2а	3б	4а				
Розділ 3	1б	2в	3б	4а	5б	6в	7в	8а
Розділ 4	1б	2в	3в	4а	5в			
Розділ 5	1в	2б	3б	4в				
Розділ 7	1в	2б	3а	4б	5в			
Розділ 8	1в	2а	3а	4б	5а			
Розділ 9	1а	2б	3б	4а	5в			
Розділ 11	1а	2б	3в	4в	5в			
Розділ 12	1а	2б	3в	4а	5б			
Розділ 13	1в	2б	3а	4б	5в			
Розділ 15	1б	2в	3а	4б	5а	6б		
Розділ 16	1б	2б	3в	4а	5в			
Розділ 17	1б	2в	3а	4б	5в			

---

---

## Абетковий покажчик термінів

### А

Агрегатування 26  
Апеляція 64  
Атестація виробництва 65  
Аудит системи якості 66

### Б

Базова відстань конуса 265  
Базовідстань конічного з'єднання 265  
Бочкоподібність 103

### В

Вал 77  
Взаємозамінність 73  
- повна 74  
- неповна 74  
- розмірна 74  
- функціональна 74  
- групова 247

Відхил

- граничний 79  
- верхній 79  
- середній  
- нижній 79  
- основний 79

Види контролю 41

- вхідний 42  
- операційний 42  
- активний 42  
- прийомний 42

Вимірювання

- однократне 126  
- багатократне 126

Вимога 33

Властивість продукції 33

### Г

Гістограма 125  
Глибиномір  
- мікрометричний 145  
- індикаторний 156

### Д

Держспоживстандарт 8  
Деталь уніфікована 26  
Деталь оригінальна 27  
Діапазон вимірювання 131  
Довжина загальної нормалі 302  
Допуск розміру 80  
Допуск посадки 81  
Достовірність вимірювання 125

### Е

Економія загальна 70  
Ефект економічний 69  
Ефективність 69  
Еталони 130  
Етапи життєвого циклу 47

### З

Забезпечення якості 48  
Зазор 80  
Закон нормального розподілення 92  
- рівної ймовірності 92  
- Симпсона 93  
- ексцентриситету 93  
Засоби вимірювання та контролю  
- автоматичні 167  
- активного контролю 168  
З'єднання 77  
Знак відповідності 63  
Зусилля вимірювання 132

### І

Індекс дефектної продукції 40  
Індекс якості 39  
Індикатор годинникового типу 147  
Інтенсивність навантаження підшипника 217  
Інтервал діаметрів 173  
Інтервал поділок шкали 131



- 
- 
- К**
- Калібри 131
  - Калібри граничні 186
    - контрольні 190
    - приймальні 190
    - робочі 190
    - спрацьовані 190
  - Категорії продукції 33
  - Кваліметрія 34
  - Квалітет 174
  - Клас точності 132
  - Клас точності кінцевих мір 135
  - Класифікатор 17
  - Код числовий 17
  - Коефіцієнт ризику 95
  - Коливання довжини загальної нормалі 302
  - Кодекс сформованої практики 7
  - Комітет технічний 9
  - Класифікатор державний 7
  - Компенсатор 243
  - Контакт зубів зубчастої передачі 306
  - Контроль 122
  - Контроль якості продукції 41
    - суцільний 42
    - вибірковий 43
    - статистичний 43
  - Консенсус 7
  - Конусоподібність 104
  - Коефіцієнт точності розмірного ланцюга 229
  - Критерій ефективності 71
  - Кулачкова форма 103
  - Кутники 268
  - Кутомір 270
- Л**
- Лабораторія іспитова 60
  - Ланка 223
    - складова 223
    - замикальна 223
    - збільшувальна 226
    - зменшувальна 226
    - корегуюча 234
  - Ланцюг розмірний 223
    - лінійний 226
    - кутовий 226
  - Лінійка синусна 270
  - Лінія нульова 79
- М**
- Маркетинг 50
  - Методи вибору посадок 201
    - аналогії 199
    - прецедентів
    - подібності 199
    - розрахунковий 199
  - Методи визначення показників якості 34
    - вимірювальний 35
    - розрахунковий 35
    - реєстраційний 35
    - органолептичний 35
    - соціологічний 35
    - експертний 36
  - Методи вимірювання 129
    - абсолютний 130
    - відносний 130
    - прямий 130
    - посередній 130
    - контактний 130
    - безконтактний 130
    - диференційний 130
    - комплексний 130

- 
- Методи розрахунку розмірних ланцюгів 229  
 - на максимум-мінімум 229  
 - імовірнісний 238  
 - компенсації 243  
 - групової взаємозамінності 247  
 - пригонки 244  
 - регулювання 244  
 Метрологія 122  
 Межа вимірювання 132  
 Міри 131  
 Міри довжини 133  
 Міри кутові 268  
 Мікрокатор 153  
 Мікрометр гладенький 144  
 Мікрометричний глибиномір 145  
 Мікрометричний нутромір 146  
 Мікроскоп інструментальний 161  
 Модуль шкали ноніуса 138  
 Момент  
 - початковий 93  
 - центральний 93
- Н**
- Набір полів допусків  
 - основний 180  
 - переважного використання 180  
 Навантаження кілець підшипника  
 - циркуляційне 215  
 - місцеве 215  
 - коливальне 218  
 Нагляд технічний 64  
 Натяг 80  
 Ноніус 137  
 Нутромір індикаторний 157
- О**
- Об'єкт стандартизації 7  
 Овальність 102  
 Одиниця допуску 172  
 Оптиметр 150
- Опуклість 104  
 Органи сертифікації 60  
 Отвір 78
- П**
- Похибки  
 - систематичні 124  
 - абсолютна 124  
 - випадкова 124  
 - відносна 124  
 - груба 126  
 - допустима 127  
 Похибка циклічна зубчастої передачі 304  
 Передатне відношення 228  
 Прилади важільно-механічні 147  
 Прилади пневматичні 163  
 Пробка (калібр для отворів) 188  
 Продукція 33  
 Процес 33  
 Профіль 101  
 Профіль обшуканий 113
- Р**
- Рада стандартизації 9  
 Регламент технічний 8  
 Ресурс 198  
 Режим температурний 182  
 Рівень уніфікації 27  
 Рівень якості продукції 38  
 Різьбомір 284  
 Розмір  
 - граничний 79  
 - дійсний 78  
 - номінальний 78  
 Розміри нормальні лінійні 22  
 Розмірність 122  
 Розмір виконавчий калібру 192  
 Розмір кінцевих мір 135  
 Ризику коефіцієнт 95  
 Ряди основних відхилів 178  
 Ряди переважаючих чисел 20

<b>С</b>		<b>У</b>	
Сертифікація	59	Угнутість	104
Сертифікат відповідності	59	Умова вибору засобу вимірювання	127
Сідлоподібність	103	Умови вибору посадок з натягом	206
Симпліфікація	26	Умови технічні	109
Система допусків і посадок (СДП)	171	Уніфікація	26
Система переважаючих чисел	18	Управління якістю	44
Системи стандартів єдині міжгалузеві	29	<b>Ф</b>	
Система управління якістю	44	Функція нормована Лапласа	97
Складання селективне	248	<b>Х</b>	
Скоби з відліковим пристроєм	154	Хвилястість	111
- важільні	154	<b>Ц</b>	
- індикаторні	155	Цикл життєвий продукції	47
- регульовані	187	Ціна поділки шкали	131
Стандарт	7	<b>Ш</b>	
Стандартизація	5	Шаблони кутові	269
Стандартизація випереджаюча	29	Шорсткість	112
Стандартизація комплексна	29	Штангенінструмент	136
Стандартизація міжнародна	14	- штангенциркуль	138
Строк окупності	70	- штангенглибиномір	140
Ступені сертифікації	61	- штангенрейсмус	141
Ступінь точності		<b>Щ</b>	
- зубчастої передачі	311	Щупи	136
- різьб	278	<b>Я</b>	
<b>Т</b>		Якість	32
Точність вимірювання	126		
Точність кінематична зубчастої передачі	301		
Точність обробки	86		
Типізація	26		

---

---

## Література

### Обов'язкова

1. Серий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. – К.: Урожай, 1995. – 262 с.
2. Мягков В.Д. и др. Допуски и посадки. Справочник. – В 2 т. – Л.: Машиностроение. Т.1. – 1982. – 543с.; Т.2. – 1983. – 448 с.
3. Зенкин А.С., Пешко И.В. Допуски и посадки в машиностроении Справочник. – К.: Техніка, 1984 – 311 с.

### Рекомендована

4. Василенко Ф.І. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Курсове проектування з використанням ПК. – Кіровоград: Імекс, 2005. – 314 с.
5. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора. – Л.: Машиностроение, 1983. – 464 с.
6. Дунаев П.Ф. Детали машин. Курсовое проектирование. – М.: Высшая школа, 1984. – 335 с.
7. Исикава К. Японские меоды управления качеством. – М.: Экономика, 1988. – 215 с.
8. Конкин М.Ю. Об утилизации технических средств производства: Вестник Россельхозакадемии, 2003. – №6
9. Кохтев А.А. Основы стандартизации в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1973. – 351 с.
10. Никсон Ф. Роль руководства предприятия в обеспечении качества и надежности. – М.: Изд.стандартов, 1990. – 231 с.
11. Цюцюра С.В., Цюцюра В.Д. Метрологія, основи вимірювань, стандартизація та сертифікація. – К.: Знання, 2006. – 242 с.
12. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством. Изд. Стандартов, 1990. – 342 с.
13. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.

### Перелік міждержавних та національних стандартів, що використані

- ДСТУ 1.0 : 2003 НС. Основні положення  
ДСТУ 1.1 – 2001 НС. Стандартизація та суміжні види діяльності  
ДСТУ 1.2 : 2003. Терміни та визначення основних понять НС.  
Правила розроблення національних нормативних документів.

---

---

ДСТУ 1.5: 2003. НС Правила побудови, викладення, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів.

ДСТУ ISO 9000 – 2001. Системи управління якістю. Основні положення та словник.

ДСТУ ISO 9001 – 2001. Системи управління якістю. Вимоги.

ДСТУ ISO 9004 – 2001. Системи управління якістю. Настанови поліпшення діяльності.

ДСТУ 3413-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення серифікації продукції.

ДСТУ 3414-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Атестація виробництва. Порядок здійснення.

ДСТУ ISO 10011-1-97 : ДСТУ ISO 1011-3-97. Настанови щодо перевірки системи якості.

ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок.

ДСТУ 2409-94. Вимірювання параметрів шорсткості. Терміни та визначення.

ДСТУ 2498-94. Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення.

ДСТУ ISO 2768-2-2001. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків.

ДСТУ ISO 5458-2001. Встановлення геометричних допусків. Позиційні допуски.

ДСТУ 2413-94. Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.

ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків.

ДСТУ ISO 286-2-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилів отворів і валів.

ДСТУ 2499-94. Основні норми взаємозамінності. Конуси та конічні з'єднання. Терміни та визначення.

ДСТУ 2497-94. Основні норми взаємозамінності. Різьба і різьбові з'єднання. Основні терміни та визначення.

ГОСТ 6639-69. Нормальные линейные размеры.

ГОСТ 9378-75. Нормы шероховатости образцов сравнения.

ГОСТ 2.309-73. Обозначение шероховатости поверхности на чертежах. Зміна №3 по ISO 1302 Дата застосування в Україні 2005-07-01.

ГОСТ 9807-61. Международная система единиц измерения (SI).

---

---

ГОСТ 3325-85. Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки.

ГОСТ 8.051-81. Значения похибок, допустимых при вимірюванні лінійних розмірів.

ГОСТ 8908-81. Ряды нормальных углов общего назначения.

ГОСТ 24834-81. Переходные посадки резьбовых соединений.

ГОСТ 4608-81. Посадки с натягом резьбовых соединений.

ГОСТ 23360-78. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.

ГОСТ 24071-80. Поля допусков призматического шпоночного соединения.

ГОСТ 1139-80. Основные параметры шлицевых прямобочных соединений.

ГОСТ 6033-80. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30°.

Размеры, допуски измеряемые величины.

ГОСТ 1643-81. Передатки зубчатые цилиндрические. Допуски.

ГОСТ 9587-81. Передатки зубчатые конические и гипоидные.

ГОСТ 1758-81. Нормы точности конических и гипоидных передач.

ГОСТ 3675-81. Нормы точности червячных цилиндрических передач.

Таблиця А1–СДП. Числові значення допусків ДСТУ ISO 286-1-2002

Інтервал номінальних розмірів, мм		Квалітет													
Понад	До	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		МКМ							ММ						
	3	4	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,00	1,40
3	6	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,20	1,80
6	10	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,50	2,20
10	18	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,80	2,70
18	30	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,10	3,30
30	50	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60	2,50	3,90
50	80	13	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,00	4,60
80	120	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,50	5,40
120	180	18	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30
180	250	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,60	7,20
250	315	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	3,20	5,20	8,10
315	400	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,30	3,60	5,70	8,90
400	500	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,50	4,00	6,30	9,70

Таблиця А2. Значення основних відхилів

Інтервал розмірів	Значення основних відхилів, мкм, при літерному позначенні квалітетів																						
	+A - a	+B - b	+C - c	+D - d	+E - e	+F - f	+G - g	+H - h	+JS - js	+k -K			+m -M		+n -N								
До 3	±270	±140	±60	±20	±14	±6	±2	0	Граничні відхили	0	0	0	±2	±2	±4	±4							
Понад 3 до 6	±270	±140	±70	±30	±20	±10	±4	0		+1	0	0	±4		+8	+8							
										+1+Δ	1+Δ	-	-4+Δ	±4	-8+Δ	0							
Понад 6 до 10	±280	±150	±80	±40	±25	±13	±5	0		+1	0	0	+6	±6	+10	+10							
										-1+Δ	-1+Δ	-	-6+Δ		-10+Δ	0							
Понад 10 до 14	±290	±150	±95	±50	±32	±16	±6	0		+1	0	0	+7	+7	+12	+12							
Понад 14 до 18										-1+Δ	-1+Δ	-	-7+Δ		-12+Δ	0							
Понад 18 до 24	±300	±160	±110	±65	±40	±20	±7	0		+2	0	0	+8	+8	+15	+15							
Понад 24 до 30										-2+Δ	-2+Δ	-	-8+Δ		-15+Δ	0							
Понад 30 до 40	±310	±170	±120	±80	±50	±25	±9	0		+2	0	0	+9	±9	+17	+17							
									-2+Δ	-2+Δ	-	-9+Δ		-17+Δ	0								
Понад 40 до 50	±320	±180	±130	±100	±60	±30	±10	0	±IT/2	+2	0	0	+11	±11	+20	+20							
Понад 50 до 65	±340	±190	±140														-2+Δ	-2+Δ	-	-11+Δ		-20+Δ	0
Понад 65 до 80	±360	±200	±150																				



Продовження табл. А2

Понад 80 до 100	±380	±220	±170	±120	±72	±36	±12	0		+3	0	0	+13	±13	+23	+23						
Понад 100 до 120	±410	±240	±180							-3+Δ	-3+Δ	-	-13+Δ		-23+Δ	0						
Понад 120 до 140	±460	±260	±200	±145	±85	±43	±14	0		+3	0	0	+15	±15	+27	+27						
Понад 140 до 160	±520	±280	±210													-3+Δ	-3+Δ	-	-15+Δ		-27+Δ	0
Понад 160 до 180	±580	±310	±230																			
Понад 180 до 200	±660	±340	±240	±170	±100	±50	±15	0		+4	0	0	+17	±17	+31	+31						
Понад 200 до 225	±740	±380	±260													-4+Δ	-4+Δ	-	-17+Δ		-31+Δ	0
Понад 225 до 250	±820	±420	±280																			
Понад 250 до 280	±920	±480	±300	±190	±110	±56	±17	0		+4	0	0	+20	±20	+34	+34						
Понад 280 до 315	±1050	±540	±330													-4+Δ	-4+Δ	-	-20+Δ		-34+Δ	0
Понад 315 до 355	±1200	±600	±360	±210	±125	±62	±18	0		+4	0	0	+21	±21	+37	+37						
Понад 355 до 400	±1350	±680	±400													-4+Δ	-4+Δ	-	-21+Δ		-37+Δ	0
Понад 400 до 450	±1500	±760	±440	±230	±135	±68	±20	0		+5	0	0	+23	±23	+40	+40						
Понад 450 до 500	±1650	±840	±480													-5+Δ	-5+Δ	-	-23+Δ		-40+Δ	0
Квалітети	Усі квалітети								Від 4 до 7	8	Понад 8	До 8	Понад 8	До 8	Понад 8							

Інтервал розмірів	+p	+r	+s	+t	+u	+v	+x	+y	+z	Δ, мкм					
	- P	- R	- S	- T	- U	- V	- X	- Y	- Z						
До 3	±6	±10	±14	-	±18	-	±20	-	±26	-	-	-	-	-	-
Понад 3 до 6	±12	±15	±19	-	±23	-	±28	-	±35	1	1,5	1	3	4	6
Понад 6 до 10	±15	±19	±23	-	±28	-	±34	-	±42	1	1,5	2	3	6	7
Понад 10 до 14	±18	±23	±28	-	±33	±39	±40	-	±50	1	2	3	3	7	9
Понад 14 до 18				-			-	±45	-					±60	7
Понад 18 до 24	±22	±28	±35	-	±41	±47	±54	±63	±73	1,5	2	3	4	8	12
Понад 24 до 30				±41	±48	±55	±64	±75	±88					8	12
Понад 30 до 40	±26	±34	±43	±48	±60	±68	±80	±94	±112	1,5	3	4	5	9	14
Понад 40 до 50				±54	±70	±81	±97	±114	±136					9	14
Понад 50 до 65	±32	±41	±53	±66	±87	±102	±122	±144	±172	2	3	6	6	11	16
Понад 65 до 80		±43	±59	±75	±102	±120	±146	±174	±210					11	16
Понад 80 до 100	±37	±51	±71	±91	±124	±146	±178	±214	±258	2	4	5	7	13	19
Понад 100 до 120		±54	±79	±104	±144	±172	±210	±254	±310					13	19
Понад 120 до 140	±43	±63	±92	±122	±170	±202	±248	±300	±365	3	4	6	7	15	23
Понад 140 до 160		±65	±100	±134	±199	±228	±280	±340	±415					15	23
Понад 160 до 180		±68	±108	±146	±210	±252	±310	±380	±465					15	23

Понад 180 до 200	±50	±77	±122	±166	±236	±284	±350	±425	±530					17	26
Понад 200 до 225		±80	±130	±180	±258	±310	±385	±470	±575	3	4	6	9	17	26
Понад 225 до 250		±84	±140	±196	±284	±340	±425	±520	±640						
Понад 250 до 280	±56	±94	±158	±218	±315	±385	±475	±580	±710	4	4	7	9	20	29
Понад 280 до 315		±98	±170	±240	±350	±425	±525	±650	±790					20	29
Понад 315 до 355	±62	±108	±190	±268	±30	±475	±590	±730	±900	4	5	7	11	21	32
Понад 355 до 400		±114	±208	±294	±430	±530	±660	±820	±1000					21	32
Понад 400 до 450	±68	±126	±232	±330	±490	±595	±740	±920	±1100	5	5	7	13	23	34
Понад 450 до 500		±132	±252	±360	±540	±660	±820	±1000	±1250					23	34
До 7-го квалітету від Р до Z відхилення отвору збільшиться на Δ										3	4	5	6	7	8

**Таблиця А3. Поля допусків отворів**

				E5	F5	G5	H5	J <sub>s</sub> 5	K5	M5	N5	P5	R5	S5	T5	U5	V5	X5		
			D6	E6	F6	G6	H6	J <sub>s</sub> 6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6	U6	V6	X6	Y6	Z6
			D7	E7	F7	G7	H7	J <sub>s</sub> 7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7	V7	X7	Y7	Z7
	B8	C8	D8	E8	F8	G8	H8	J <sub>s</sub> 8	K8	M8	N8	P8	R8	S8	T8	U8	V8	X8	Y8	Z8
A9	B9	C9	D9	E9	F9	G9	H9	J <sub>s</sub> 9	K9	M9	N9	P9	R9	S9		U9		X9	Y9	Z9
A10	B10	C10	D10	E10	F10	G10	H10	J <sub>s</sub> 10	K10	M10	N10	P10	R10	S10		U10		X10	Y10	Z10
A11	B11	C11	D11				H11	J <sub>s</sub> 11			N11									Z11
A12	B12	C12	D12				H12	J <sub>s</sub> 12												
A13	B13	C13	D13				H13	J <sub>s</sub> 13												
							H14	J <sub>s</sub> 14												
							H15	J <sub>s</sub> 15												
							H16	J <sub>s</sub> 16												
							H17	J <sub>s</sub> 17												
							H18	J <sub>s</sub> 18												

ДСТУ ISO 286-2:2002

**Таблиця А4. Поля допусків валів**

			d5	e5	f5	g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5	u5	v5	x5		
			d6	e6	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	v6	x6	y6	z6
			d7	e7	f7	g7	h7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7	v7	x7	y7	z7
		c8	d8	e8	f8	g8	h8	js8	k8	m8	n8	p8	r8	s8	t8	u8	v8	x8	y8	z8
a9	d9	c9	d9	e9	f9	g9	h9	js9	k9	m9	n9	p9	r9	s9		u9		x9	y9	z9
a10	d10	c10	d10	e10	f10	g10	h10	js10	k10			p10	r10	s10				x10	y10	z10
a11	d11	c11	d11				h11	js11	k11											z11
a12	d12	c12	d12				h12	js12	k12											
a13	d13		d13				h13	js13	k13											
							h14	js14												
							h15	js15												
							h16	js16												
							h17	js17												
							h18	js18												

Таблиця Б 1. Зазори посадок в системі отвору

По- садки	Зазори	Зазори, мкм посадок в системі отвору при діаметрах, мм													
		від 1 до 3	понад 3 до 6	понад 6 до 10	понад 10 до 18	понад 18 до 30	понад 30 до 50	понад 50 до 80	понад 80 до 120	понад 120 до 180	понад 180 до 250	понад 250 до 315	понад 315 до 400	понад 400 до 500	
H5	min	2	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18	20	
g4	max	9	13	15	19	22	27	31	37	44	49	56	61	67	
H6	min	2	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18	20	
g5	max	12	17	20	25	29	36	42	49	57	64	72	79	87	
H7	min	2	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18	20	
g6	max	18	24	29	35	41	50	59	69	79	90	101	111	123	
H6	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68	
f6	max	18	26	31	38	46	57	68	80	93	108	120	134	148	
H7	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68	
f7	max	26	34	43	52	62	75	90	106	123	142	160	176	194	
H8	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68	
f7	max	30	40	50	61	74	89	106	125	146	168	189	208	228	
H8	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68	
f8	max	34	46	57	70	86	103	122	144	169	194	218	240	262	
H8	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68	
f9	max	45	58	71	86	105	126	150	177	206	237	267	291	320	
H9	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68	
f8	max	45	58	71	86	105	126	150	177	206	237	267	291	320	

Посадки	Зазори	Зазори , мкм посадок в системі отвору при діаметрах, мм												
		від 1 до 3	понад 3 до 6	понад 6 до 10	понад 10 до 18	понад 18 до 30	понад 30 до 50	понад 50 до 80	понад 80 до 120	понад 120 до 180	понад 180 до 250	понад 250 до 315	понад 315 до 400	понад 400 до 500
H7	min	14	20	25	32	40	50	60	72	85	100	110	125	135
e7	max	34	44	55	68	82	100	120	142	165	192	214	239	261
H7	min	14	20	25	32	40	50	60	72	85	100	110	125	135
e8	max	38	50	62	77	94	114	136	161	188	218	243	271	295
H8	min	14	20	25	32	40	50	60	72	85	100	110	125	135
e8	max	42	56	69	86	106	128	152	180	211	244	272	303	329
H8	min	14	20	25	32	40	50	60	72	85	100	110	125	135
e9	max		68	83	102	125	151	180	213	248	287	321	353	387
H9	min	14	20	25	32	40	50	60	72	85	100	110	125	135
e8	max		68	83	102	125	151	180	213	248	287	321	354	387
H9	min	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68
f9	max	56	70	85	102	124	149	178	210	243	280	316	342	378
H7	min	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230
d8	max	44	60	77	95	119	144	176	209	248	288	323	356	390
H8	min	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230
d8	max	48	66	84	104	131	158	192	228	271	314	352	388	424
H9	min	14	20	25	32	40	50	60	72	85	100	110	125	135
e9	max	64	80	97	118	144	174	206	246	285	330	370	405	445
H8	min	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230
d9	max	59	78	98	120	150	181	220	261	308		401	439	482

Посадки	Зазори	Зазори , мкм посадок в системі отвору при діаметрах, мм													
		від 1 до 3	понад 3 до 6	понад 6 до 10	понад 10 до 18	понад 18 до 30	понад 30 до 50	понад 50 до 80	понад 80 до 120	понад 120 до 180	понад 180 до 250	понад 250 до 315	понад 315 до 400	понад 400 до 500	
H9	min	20	30	40	50	65	80		120	145	170	190	210	230	
d9	max	70	90	112	136	169	204	248	294	345	400	450	490	540	
H10	min	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230	
d10	max	100	126	156	190	233	280	340	400	465	540	610	670	730	
H11	min	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230	
d11	max	140	180	220	270	325	400	480	560	645	750	830	930	1030	



Таблиця Б2. Натяги посадок в системі отвору

Основний отвір	Посадки	Натяги	Інтервали діаметрів, мм									
			від 1 до 3	понад 3 до 6	понад 6 до 10	понад 10 до 14	понад 14 до 18	понад 18 до 24	понад 24 до 30	понад 30 до 40	понад 40 до 50	
H6	H6	min	0	4	6	7	7	9	9	10	10	
	p5	max	10	17	21	26	26	31	31	37	37	
	H6	min	4	7	10	12	12	15	15	18	18	
	r5	max	14	20	25	31	31	37	37	45	45	
	H6	min	8	11	14	17	17	22	22	27	27	
	s5	max	18	24	29	36	36	44	44	54	54	
H7	H7	min	-4	0	0	0	0	1	1	1	1	
	p6	max	12	20	24	29	29	35	35	42	42	
	H7	min	0	3	4	5	5	7	7	9	9	
	r6	max	16	23	28	34	34	41	41	50	50	
	H7	min	4	7	8	10	10	14	14	18	18	
	s6	max	20	27	32	39	39	48	48	59	59	
	H7	min	4	7	8	10	10	14	14	18	18	
	s7	max	24	31	38	46	46	56	56	68	68	
	H7	min	-	-	-	-	-	-	20	23	29	
	t6	max	-	-	-	-	-	-	54	64	70	
	H7	min	8	11	13	15	15	20	27	35	45	
	u7	max	28	35	43	51	51	62	69	85	95	
	H8	H8	min	0	1	1	1	1	2	2	4	4
		s7	max	24	31	38	44	46	56	56	68	68
H8		min	4	5	6	6	6	8	15	21	31	
u8		max	32	41	50	60	60	74	81	99	109	
H8		min	6	10	12	13	18	21	31	41	58	
x8		max	34	46	56	67	72	87	97	119	136	
H8		min	12	17	20	23	33	40	55	73	97	
z8		max	40	53	64	77	87	106	121	151	175	

Основний отвір	Посадки	Натяги	Інтервали діаметрів, мм							
			понад 50 до 65	понад 65 до 80	понад 80 до 100	понад 100 до 120	понад 120 до 140	понад 140 до 160	понад 160 до 180	понад 180 до 200
H6	H6	min	13	13	15	15	18	18	18	21
	p5	max	45	45	52	52	61	61	61	70
	H6	min	22	24	29	32	38	40	43	48
	r5	max	54	56	66	69	81	83	86	97
	H6	min	34	40	49	57	67	75	83	93
	s5	max	66	72	86	94	110	118	128	142
H7	H7	min	2	2	2	2	3	3	3	4
	p6	max	51	51	59	59	68	68	68	79
	H7	min	11	13	16	19	23	25	28	31
	r6	max	60	62	73	76	88	90	93	106
	H7	min	23	29	36	44	52	60	68	76
	s6	max	72	78	93	101	117	125	133	151
	H7	min	23	29	36	44	52	60	68	76
	s7	max	83	89	106	114	132	140	148	168
	H7	min	36	45	56	69	82	94	106	120
	t6	max	85	94	113	126	147	159	171	195
	H7	min	57	72	89	109	130	150	170	190
	u7	max	117	132	159	179	210	230	250	282
H8	H8	min	7	13	17	25	29	37	45	50
	s7	max	83	89	106	114	132	140	148	168
	H8	min	41	56	70	90	107	127	147	164
	u8	max	133	148	178	198	233	253	273	308
	H8	min	76	100	124	156	185	217	247	278
	x8	max	168	192	232	264	311	343	373	422
	H8	min	126	164	204	256	302	352	402	448
	z8	max	218	256	312	364	428	478	528	592

Основний отвір	Посадки	Натяги	Інтервали діаметрів, мм							
			понад 200 до 225	понад 225 до 250	понад 250 до 280	понад 280 до 315	понад 315 до 355	понад 355 до 400	понад 400 до 450	понад 450 до 500
H6	H6	min	21	21	24	24	26	26	28	28
	p5	max	70	70	79	79	87	87	95	95
	H6	min	51	55	62	66	72	78	86	92
	r5	max	100	104	117	121	133	139	153	159
	H6	min	101	111	126	138	154	172	192	212
	s5	max	150	160	181	193	215	233	259	279
H7	H7	min	4	4	4	4	5	5	5	5
	p6	max	79	79	88	88	98	98	108	108
	H7	min	34	38	42	46	51	57	63	69
	r6	max	109	113	126	130	144	150	166	172
	H7	min	84	94	106	118	133	151	169	189
	s6	max	159	169	190	202	226	244	272	292
	H7	min	84	94	106	118	133	151	169	189
	s7	max	176	186	210	222	247	265	295	315
	H7	min	134	150	166	188	211	237	267	297
	t6	max	209	225	250	272	304	330	370	400
	H7	min	212	238	263	298	333	378	427	477
	u7	max	304	330	367	402	447	492	553	603
H8	H8	min	58	68	77	89	101	119	135	155
	s7	max	176	186	210	222	247	265	295	315
	H8	min	186	212	234	269	301	346	393	443
	u8	max	330	356	396	431	479	524	587	637
	H8	min	313	353	394	444	501	571	643	723
	x8	max	457	497	556	606	679	749	837	917
	H8	min	503	568	629	709	811	911	1003	1153
	z8	max	647	712	791	871	989	1089	1197	1347

Примітка □ – переважуючі посадки.

Таблиця В1. Конструктивні розміри радіальних шарико-  
підшипників

Умове позначення підшипників	Внутрішній діаметр $d$	Зовнішній діаметр $D$	Ширина кільця $B$	Координати фасок $r$	Умове позначення підшипників	Внутрішній діаметр $d$	Зовнішній діаметр $D$	Ширина кільця $B$	Координати фасок $r$
<i>Легка серія</i>					<i>Середня серія</i>				
200	10	30	9	1	300	10	35	11	1
201	12	32	10	1	301	12	37	12	1,5
202	15	35	11	1	302	15	42	13	1,5
203	17	40	12	1,5	303	17	47	14	1,5
204	20	47	14	1,5	304	20	52	15	2
205	25	52	15	1,5	305	25	62	17	2
206	30	62	16	1,5	306	30	72	19	2
207	35	72	17	2	307	35	80	21	2,5
208	40	80	18	2	308	40	90	23	2,5
209	45	85	19	2	309	45	100	25	2,5
210	50	90	20	2	310	50	110	27	3
211	55	100	21	2,5	311	55	120	29	3
212	60	110	22	2,5	312	60	130	31	3,5
213	65	120	23	2,5	313	65	140	33	3,5
214	70	125	24	2,5	314	70	150	35	3,5
215	75	130	25	2,5	315	75	160	37	3,5
216	80	140	26	3	316	80	170	39	3,5
217	85	150	28	3	317	85	180	41	4
218	90	160	30	3	318	90	190	43	4
219	95	170	32	3,5	319	95	200	45	4
220	100	180	34	3,5	320	100	215	47	4
<i>Важка серія</i>					<i>Важка серія</i>				
405	25	80	21	2,5	413	65	160	37	3,5
406	30	90	23	2,5	414	70	180	42	4
407	35	100	25	2,5	415	75	190	45	4
408	40	110	27	3	416	80	200	48	4
409	45	120	29	3	417	85	210	52	5
410	50	130	31	3,5	418	90	225	54	5
411	55	140	33	3,5					
412	60	150	35	3,5					

**Таблиця В2. Відхилення діаметрів кілець підшипників**

Номінальні діаметри, мм		Відхилення діаметра внутрішнього кільця підшипника, мкм		Номінальні діаметри, мм		Відхилення діаметра зовнішнього кільця підшипника, мкм	
		Клас точності				Клас точності	
понад	до	0	6	понад	до	0	6
—	6	—8	—7	—	18	—8	—7
6	10	—8	—7	18	30	—9	—8
10	18	—8	—7	30	50	—11	—9
18	30	—10	—8	50	80	—13	—11
30	50	—12	—10	80	120	—15	—13
50	80	—15	—12	120	150	—18	—15
80	120	—20	—15	150	180	—25	—18
120	180	—25	—18	180	250	—30	—20
180	250	—30	—22	250	315	—35	—25
250	315	—35	—25	315	400	—40	—28
315	400	—40	—30	400	500	—47	—33
400	500	—45	—35				

Таблиця Г1. Шорсткість поверхні і квалітети при різних видах обробки деталей різанням

Вид обробки		Значення параметра $R_A$ , мкм	Квалітети	
			економічні	досяжні
Фрезерування циліндричною фрезою	Чорнове	25-50	12-14(11)**	---
	Чистове	3,2*-6,3	11(10)**	---
	Тонке	1,6	8;9	6;7***
Фрезерування торцьовою фрезою	Чорнове	6,3-12,5	12-14(11)**	---
	Чистове	3,2*-6,3(1,6)	11	10***
	Тонке	(8,8)-1,6	8;9	6;7***
Підрізання торців		3,2*-12.5(0,8)	11-13	8;9
Обточування поперечною подачею	Обдирочне	25-100	16;17	---
	Напівчистове	6,3-12,5	14;15	---
	Чистове	3,2*	11-13	8;9
	Тонке	(0,8)-1,6	8-11	7
Повздовжньою подачею	Обдирочне	25-100	15-17	---
	Напівчистове	6,3-12,5	12-14	---
	Чистове	1,6*-3,2(0,8)	7-9	6
	Тонке (алмазне)	0,4*-0,8(0,2)	6	5
Розточування	Чорнове	50-100	15-17	---
	Напівчистове	12,5-25	12-14	---
	Чистове	1,6*-3,2(0,8)	8;	7
	Тонке (алмазне)	0,48-0,8(0,20)	7	6
Свердління	До 15 мм	6,3-12,5*	12-14****	10;11*****
	Від 15 мм	12,5-25*	12-14****	10;11*****
Розвертування	Напівчистове	6,3-12,5	9;10	8***
	Чистове	1,6*-3,2	7;8(8)**	---
	Тонке	(0,40)-0,8	7	6***
Шліфування кругле	Напівчистове	3,2-6,3	8-11	---
	Чистове	0,8*-1,6	6-8	6
	Тонке	0,2*-0,4(0,1)	5	Від 5-го
Шліфування плоске	Напівчистове	3,2	8-11	---
	Чистове	0,8*-1,6	6-8	---
	Тонке	0,2*-0,4(0,1)	6;7	6

Примітка. \* значення переважачого застосування

Таблиця Д1. Значення похибок  $\delta$ , допустимих при вимірюванні лінійних розмірів від 1 до 50 мм (ГОСТ 8.051-81)

Номінальні розміри, мм	Допустимі похибки, $\delta$ , мкм																											
	квалітет																											
	5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18	
	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$
Від 1 до 3	4	1,4	6	1,8	10	3	14	3	25	6	40	8	60	12	100	20	140	30	250	50	400	80	600	120	1000	200	1400	300
Понад 3 до 6	5	1,6	8	2	12	3	18	4	30	8	48	10	75	16	120	30	180	40	300	60	480	100	750	160	1200	240	1800	400
Понад 6 до 10	6	2	9	2	15	4	22	5	36	9	58	12	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120	900	200	1500	300	2200	500
Понад 10 до 18	8	2,8	11	3	18	5	27	7	43	10	70	14	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140	1100	240	1800	380	2700	600
Понад 18 до 30	9	3	13	4	21	6	33	8	52	12	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180	1300	280	2100	440	3300	700
Понад 30 до 50	11	4	16	5	25	7	39	10	62	16	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200	1600	320	2500	500	3900	800
Понад 50 до 80	13	4	19	5	30	9	46	12	74	18	120	30	190	40	300	60	460	100	740	160	1200	240	1900	400	3000	600	4600	1000
Понад 80 до 120	15	5	22	6	35	10	54	12	87	20	140	30	220	50	350	70	540	120	870	180	1400	280	2200	440	3500	700	5400	1200
Понад 120 до 180	18	6	25	7	40	12	63	16	100	30	160	40	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320	2500	500	4000	800	6300	1400
Понад 180 до 250	20	7	29	8	46	12	72	18	114	30	185	40	290	60	460	100	720	160	1150	240	1850	380	2900	600	4600	1000	7200	1600

Продовження табл. Д1

Номінальні розміри, мм	Допустимі похибки, $\delta$ , мкм																												
	квалітет																												
	5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		
	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT	$\delta$	IT
Понад 250 до 315	23	8	32	10	52	14	81	20	130	30	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440	3200	700	5200	1100	8100	1800	
Понад 315 до 400	25	9	36	10	57	16	89	24	140	40	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460	3600	800	5700	1200	8900	1800	
Понад 400 до 500	27	9	40	12	63	18	97	26	155	40	250	50	400	80	630	140	970	200	1550	320	2500	500	4000	800	6300	1400	9700	2000	



**Таблиця Д2. Граничні похибки вимірювань універсальних засобів вимірювання**

	0 ... 25	25 ... 50	50... 75 75 ...	75 ... 100	100 ... 125	125 ... 150	150 ... 175	175 ... 200	200 ... 250	250 ... 300
Штангенциркуль з відліком по нониусу 0,1 мм (ШЦ- і ШЦ-11) при вимірюванні: валів отворів	150 200	150 200	200 250	200 250	200 250	200 300	200 300	200 300	200 300	250 300
Штангенциркуль з відліком по нониусу 0,05 мм (ШЦ-I і ШЦ-II) при вимірюванні: валів отворів	100 150	100 150	100 200	100 200	100 200	100 200	100 200	100 200	100 200	100 250
Штангенглибиномір з відліком по нониусу 0,1	200	250	300	300	300	300	300	300	300	300
Штангенглибиномір з відліком по нониусу 0,05	100	100	150	150	150	150	150	150	150	150
Штангенрейсмус з відліком по нониусу 0,1мм	250	300	350	350	350	350	350	350	350	400
Штангенрейсмус з відліком по нониусу 0,05 мм	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Мікрометр типу МК і МП: у руках у стояку	5 5	10 5	10 10	15 10	15 10	15 10	20 10	20 10	25 15	50 15
Мікрометр важільний типу МР і МРІ з відліком 0,002: у руках у стояку	4 3	6 4	10 5	10 6	15 10	15 10	20 10	20 10	25 10	30 10
Глибиномір мікрометричний ГН	5	20	20	20	-	-	-	-	-	-

Продовження табл. Д2

Інструмент	Тип стояка	Клас кінце- вих мір	Розмір деталі, мм								
			1... 3	3 ...	6 ...	10 ...	18 ...	30 ...	50 ...	80 ...	120 ...
			3	6	10	18	30	50	80	120	180
Індикатор типу ИЧ і ИТ з ціною поділки 0,01 мм: – на нормованій ділянці в 0,1мм  – у межах одного оберту стрілки – у межах двох і більше обертів	С-III і С-IV  С-III і С-IV  С-III і С-IV	3	6	6	6	6	7	7	7	7	7
		3	6	6	6	7	10	10	10	10	10
		4	10	10	10	10	10	11	11	12	13
Індикаторний нутромір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,01 мм при роботі: – у межах всієї зони шкали – на нормованій ділянці в 0,1мм			-	15	15	15	20	20	25	25	25
			-	10	10	10	10	10	15	15	15
Індикаторний нутромір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,001 мм, настроєний за кінцевою мірою	НИ	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0
Індикаторний глибиномір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,01 мм, настроєний за установочною мірою	ГИ	-	20	20	20	20	20	20	20	20	-

Продовження табл. Д2

Індикаторна скоба з головкою з відліком 0,01мм: в руках У стояку (при вимірюванні на ділянці 0,1мм)		5 3	15 10	15 10	15 10	15 10	15 10	15 10	20 10	20 10	20 10
Важільна скоба з ціною поділки 0,002 мм: у руках у стояку	СР СР	3 3	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	5 4	10 5	10 5	20 10
Мікрокастор типу ИГП з ціною поділки 0,001мм	С-III	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0
Оптиметр з ціною поділки 0,001 мм	С-II		0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0
Мікроскоп інструментальний ММІ при вимірюванні лінійних розмірів: без застосування кінцевих мір із застосуванням кінцевих мір		- 2	5 2,5	5 2,5	5 3,5	5 3,5	5 3,5	5 4	10 4	10 -	-

Таблиця Е1. Значення функції  $\Phi(t)$ 

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0,00	0,0000	0,80	0,2881	1,60	0,4452	2,40	0,4918
0,02	0,0080	0,82	0,2939	1,62	0,4474	2,42	0,4922
0,04	0,0160	0,84	0,2995	1,64	0,4495	2,44	0,4927
0,06	0,0239	0,86	0,3051	1,66	0,4515	2,46	0,4931
0,08	0,0319	0,88	0,3106	1,68	0,4535	2,48	0,4934
0,10	0,0398	0,90	0,3159	1,70	0,4554	2,50	0,4938
0,12	0,0478	0,92	0,3212	1,72	0,4573	2,52	0,4941
0,14	0,0557	0,94	0,3264	1,74	0,4591	2,54	0,4945
0,16	0,0636	0,96	0,3315	1,76	0,4608	2,56	0,4948
0,18	0,0714	0,98	0,3365	1,78	0,4625	2,58	0,4951
0,20	0,0793	1,00	0,3413	1,80	0,4641	2,60	0,4953
0,22	0,0871	1,02	0,3461	1,82	0,4656	2,62	0,4956
0,24	0,0948	1,04	0,3508	1,84	0,4671	2,64	0,4959
0,26	0,1026	1,06	0,3554	1,86	0,4686	2,66	0,4961
0,28	0,1103	1,08	0,3599	1,88	0,4699	2,68	0,4963
0,30	0,1179	1,10	0,3643	1,90	0,4713	2,70	0,4965
0,32	0,1255	1,12	0,3686	1,92	0,4726	2,72	0,4967
0,34	0,1331	1,14	0,3729	1,94	0,4738	2,74	0,4969
0,36	0,1406	1,16	0,3770	1,96	0,4750	2,76	0,4971
0,38	0,1480	1,18	0,3810	1,98	0,4761	2,78	0,4973
0,40	0,1554	1,20	0,3849	2,00	0,4772	2,80	0,4974
0,42	0,1628	1,22	0,3888	2,02	0,4783	2,82	0,4976
0,44	0,1700	1,24	0,3925	2,04	0,4793	2,84	0,4977
0,46	0,1772	1,26	0,3962	2,06	0,4803	2,86	0,4979
0,48	0,1844	1,28	0,3997	2,08	0,4812	2,88	0,4980
0,50	0,1915	1,30	0,4032	2,10	0,4921	2,90	0,4981
0,52	0,1985	1,32	0,4066	2,12	0,4830	2,92	0,4982
0,54	0,2054	1,34	0,4099	2,14	0,4838	2,94	0,4984
0,56	0,2132	1,36	0,4131	2,16	0,4846	2,96	0,4985
0,58	0,2190	1,38	0,4162	2,18	0,4854	2,98	0,4986
0,60	0,2257	1,40	0,4192	2,20	0,4861	3,00	0,49865
0,62	0,2324	1,42	0,4222	2,22	0,4868	3,20	0,49931
0,64	0,2389	1,44	0,4251	2,24	0,4875	3,40	0,49966
0,66	0,2454	1,46	0,4279	2,26	0,4881	3,60	0,499841
0,68	0,2517	1,48	0,4306	2,28	0,4887	3,80	0,499928
0,70	0,2580	1,50	0,4332	2,30	0,4893	4,00	0,499968
0,72	0,2642	1,52	0,4357	2,32	0,4898	4,50	0,499997
0,74	0,2703	1,54	0,4382	2,34	0,4904	5,00	0,499997
0,76	0,2764	1,56	0,4406	2,36	0,4909		
0,78	0,2823	1,58	0,4429	2,38	0,4913		

## ЗМІСТ

<b>Передмова.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Національна стандартизація в Україні .....</b>	<b>5</b>
1.1. Загальні положення .....	5
1.2. Організація робіт із стандартизації .....	8
1.3. Порядок застосування стандартів.....	13
1.4. Міжнародна стандартизація і участь у ній України.....	14
<b>2. Методичні основи стандартизації.....</b>	<b>17</b>
2.1. Класифікація і кодування.....	17
2.2. Система переважаючих чисел і параметричні ряди.....	18
2.3. Спрощення, типізація, уніфікація і агрегування.....	26
2.4. Випереджаюча і комплексна стандартизація.	
Єдині міжгалузеві системи стандартів.....	29
<b>3. Стандартизація та якість продукції.....</b>	<b>32</b>
3.1. Терміни і визначення, що ставляться до якості .....	32
3.2. Техніко-економічні показники якості .....	34
3.3. Оцінка рівня якості продукції.....	38
3.4. Контроль якості продукції .....	41
<b>4. Стандарти ДСТУ ISO 9000 "Управління якістю" .....</b>	<b>41</b>
4.1. Стандартизація – основи управління якістю продукції .....	44
4.2. Основні принципи системи управління якістю .....	47
4.3. Роль керівництва в управлінні якістю.....	57
<b>5. Українська державна система сертифікації продукції</b>	
<b>УКРСЕПРО.....</b>	<b>58</b>
5.1. Структура УкрСЕПРО.....	58
5.2. Порядок проведення сертифікації .....	61
5.3. Апеляції .....	64
5.4. Оплата роботи із сертифікації .....	65
5.5. Атестація виробництва .....	65
5.6. Перевірка (аудит) систем якості .....	66
<b>6. Економічна ефективність стандартизації і</b>	
<b>підвищення якості .....</b>	<b>69</b>
6.1. Складові економічної ефективності стандартизації .....	69
6.2. Ефективність керування якістю.....	71
<b>7. Основи взаємозамінності.....</b>	<b>73</b>
7.1. Визначення взаємозамінності.....	73
7.2. Розвиток взаємозамінності.....	76
7.3. Основні поняття і визначення, що використовуються при забезпеченні розмірної взаємозамінності.....	77

7.4. Нанесення граничних відхилень на кресленнях.....	84
<b>8. Точність обробки деталей машин при виготовленні та відновленні.....</b>	<b>86</b>
8.1. Види похибок і причини їх виникнення.....	86
8.2. Точність розмірів.....	89
8.3. Статистичні параметри розсіювання.....	90
8.4. Визначення ймовірного відсотка браку.....	95
8.5. Точність форми і розміщення поверхонь.....	101
8.6. Хвилястість і шорсткість поверхонь.....	111
8.7. Позначення шорсткості поверхонь на кресленнях.....	116
8.8. Вплив хвилястості і шорсткості на надійність і довговічність машин.....	119
<b>9. Основи теорії вимірювань.....</b>	<b>122</b>
9.1. Технічні вимірювання та контроль.....	122
9.2. Похибки вимірювання.....	122
9.3. Основний постулат метрології.....	124
9.4. Точність і достовірність вимірювань.....	125
9.5. Вибір універсальних засобів і методів вимірювання.....	126
9.6. Класифікація методів і засобів вимірювання.....	129
9.7. Метрологічні показники засобів вимірювання.....	131
<b>10. Методи і універсальні засоби контролю лінійних розмірів.....</b>	<b>133</b>
10.1. Міри довжини.....	133
10.2. Штангенінструмент.....	136
10.3. Мікрометричний інструмент.....	142
10.4. Важільно-механічні прилади.....	147
10.5. Скоби з відліковим пристроєм.....	154
10.6. Індикаторні глибиноміри і нутроміри.....	156
10.7. Оптико-механічні і оптичні прилади.....	159
10.8. Пневматичні прилади.....	163
10.9. Автоматичні засоби контролю.....	167
10.10. Засоби активного контролю.....	168
<b>11. Взаємозамінність гладких циліндричних з'єднань.....</b>	<b>171</b>
11.1. Система допусків і посадок.....	171
11.2. Позначення на кресленнях посадок, полів допусків і граничних відхилів.....	183
11.3. Методи і засоби вимірювання гладких циліндричних з'єднань.....	185
11.4. Граничні калібри.....	186
11.5. Розміри і допуски калібрів.....	190

<b>12. Розрахунок і вибір посадок гладких з'єднань.....</b>	<b>197</b>
12.1. Вибір посадок з гарантованим зазором .....	197
12.2. Вибір посадок розрахунковим методом для з'єднання вал-підшипник ковзання.....	201
12.3. Розрахунок і вибір посадок з гарантованим натягом.....	204
12.4. Характеристика і вибір перехідних посадок .....	210
12.5. Розрахунок і вибір посадок підшипників кочення.....	214
<b>13. Розрахунок розмірних ланцюгів .....</b>	<b>223</b>
13.1. Терміни і визначення.....	223
13.2. Порядок складання розмірних ланцюгів.....	226
13.3. Методика досягнення точності замикальної ланки .....	229
13.4. Розрахунок розмірного ланцюга методом повної взаємозамінності.....	229
13.5. Імовірнісний метод розрахунку розмірних ланцюгів .....	238
13.6. Методи компенсації (пригонки і регулювання) .....	243
13.7. Метод групової взаємозамінності .....	247
13.8. Особливості розрахунку плоских і просторових розмірних ланцюгів.....	253
13.9. Розрахунок допусків розташування осей.....	254
13.10. Використання розмірного аналізу при ремонті машин .....	258
<b>14. Допуски на кутові розміри. Взаємозамінність гладких конічних з'єднань.....</b>	<b>261</b>
14.1. Кутові розміри і допуски на них.....	261
14.2. Взаємозамінність гладких конічних з'єднань .....	263
14.3. Методи і засоби контролю кутів і конусів.....	268
<b>15. Взаємозамінність, методи і засоби контролю різьбових з'єднань .....</b>	<b>272</b>
15.1. Кріпильні різьби та їх основні параметри .....	272
15.2. Відхили кроку і половини кута профілю, їх діаметральна компенсація .....	275
15.3. Ступені точності кріпильної різьби.....	277
15.4. Поля допусків і посадки метричних різьб із зазором, натягом і перехідні посадки .....	278
15.5. Методи і засоби контролю метричних різьб .....	283
<b>16. Взаємозамінність, методи і засоби контролю шпонкових і шліцьових з'єднань.....</b>	<b>286</b>
16.1. Взаємозамінність шпонкових з'єднань.....	286
16.2. Методи і засоби контролю деталей шпонкового з'єднання.....	288
16.3. Взаємозамінність шліцьових з'єднань.....	289
16.4. Методи і засоби контролю деталей шліцьового з'єднання.....	297

---

---

<b>17. Взаємозамінність, методи і засоби контролю</b>	
<b>зубчастих передач .....</b>	<b>299</b>
17.1. Експлуатаційні вимоги до зубчастих передач .....	299
17.2. Параметри точності зубчастих передач і методи їх контролю .....	300
17.3. Система допусків на циліндричні зубчасті передачі .....	311
17.4. Вибір ступенів точності комплексів показників контролю циліндричних зубчастих передач .....	314
17.5. Особливості системи допусків конічних і гіпоїдних зубчастих передач .....	317
17.6. Особливості системи допусків черв'ячних циліндричних передач .....	317
Абетковий показник термінів .....	320
Література.....	324
Додатки.....	327



---

Навчальне видання  
Сірий Ігор Сергійович

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ  
І ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**  
*2-е видання доповнене і перероблене*

Підручник

*Українською мовою*

Редактор *Н. Салмай*  
Комп'ютерна верстка *М. Зарицька*

Підписано до друку 21.05.2009 р.  
Умов. друк. арк 14,7  
Наклад 2000 прим. Зам. № 125

Редакційно-видавничий відділ  
Наукметодцентру  
Міністерства аграрної політики України  
Технікумівська, 1, смт Немішаєве  
Бородянського Київської  
тел. 8-04477-41-2-69

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єкта видавничої справи ДК № 2435