

1. Основні положення, терміни і визначення

Жодне суспільство не може існувати без технічного законодавства та нормативних документів, які регламентують правила, процеси, методи виготовлення та контролю продукції, а також гарантують безпеку життя, здоров'я і майна людей та навколишнього середовища. Стандартизація якраз і є тією діяльністю, яка виконує ці функції.

Існує хибна думка про те, що стандартна продукція є синонімом низької якості, одноманітної, позбавленої смаку продукції. Але сама природа дає нам хороші приклади геніальної стандартизації. Так, відомо, що вся фантастична різноманітність живих істот на землі, які мають різну форму, забарвлення, способи поведінки, побудована всього лише з 22 “стандартних деталей” – амінокислот.

Стандартизація в техніці є своєрідним відображенням об'єктивних законів еволюції технічних засобів і матеріалів. Вона не є вольовим актом, який нав'язується технічному прогресу ззовні, а впливає як неминучий наслідок відбору засобів, методів і матеріалів, що забезпечують високу якість продукції на даному рівні розвитку науки і техніки. З роками з'являються нові методи виробництва і матеріали, що призводить до заміни старих стандартів новими. В цьому безперервному процесі головна мета полягає в тому, щоб на якому завгодно етапі економічного розвитку суспільства створювати якісні вироби при масовому їх виготовленні.

Таким чином, об'єктивні закони розвитку техніки і промисловості неминуче ведуть до стандартизації, яка є запорукою самої високої якості продукції, що може бути досягнута на даному історичному етапі. Завдяки стандартизації суспільство має можливість свідомо керувати своєю економічною і технічною політикою, домагаючись випуску виробів високої якості.

В умовах науково-технічного прогресу стандартизація є унікальною сферою суспільної діяльності. Вона синтезує в собі наукові, технічні, господарські, економічні, юридичні, естетичні і політичні аспекти. В усіх промислово розвинених країнах підвищення рівня виробництва, поліпшення якості продукції і ріст життєвого рівня населення тісно пов'язані з широким використанням стандартизації.

Основні терміни стандартизації визначені Міжнародним комітетом з вивчення наукових принципів стандартизації, створеним Радою міжнародної організації зі стандартизації (ISO) та стандартами Державної системи стандартизації України.

Стандартизація як галузь науково-технічної діяльності є методологічною дисципліною для розвитку науки та техніки. Основу її становлять стандартознавство, теорія класифікації, метрології, кодування, оброблення та передавання інформації, узагальнені результати науки, техніки, практичного експерименту та виробництва, спрямовані на досягнення оптимальної користі для суспільства.

Головним завданням стандартизації є створення системи нормативно-технічної документації, що висуває прогресивні вимоги до продукції, призначеної для потреб народного господарства, населення й оборони держави, забезпечує контроль за їх дотриманням.

У травні 2001 р. прийнято Закон України “Про стандартизацію”, що визначає правові та організаційні засади стандартизації й спрямований на забезпечення єдиної технічної політики в цій сфері. У законі подані такі основні терміни та їх визначення:

стандартизація – діяльність, що полягає у розробленні положень для загального та багаторазового застосування щодо наявних чи можливих завдань з метою досягнення оптимального ступеня впорядкування у певній сфері, результатом якої є підвищення ступеня відповідності продукції, процесів та послуг їх функціональному призначенню, усуненню бар'єрів у торгівлі, сприяння науково-технічній співпраці;

міжнародна стандартизація – стандартизація, чинна на міжнародному рівні, участь у ній відкрита для відповідних органів усіх країн;

регіональна стандартизація – стандартизація, що запроваджується на відповідному регіональному рівні, участь у ній відкрита для відповідних органів країн певного географічного або економічного простору;

національна стандартизація – стандартизація, чинна на рівні однієї країни;

орган стандартизації – орган, що займається стандартизацією, визнаний на національному чи міжнародному рівні, основними функціями якого є розроблення, схвалення чи затвердження стандартів;

нормативний документ – документ, який визначає правила, загальні принципи чи характеристики різних видів діяльності або їх результати. Цей термін охоплює такі поняття, як “стандарт”, “кодекс ustalеної практики” та “технічні умови”;

консенсус – загальна згода, яка характеризується відсутністю серйозних заперечень з суттєвих питань у більшості зацікавлених сторін та досягається внаслідок процедури, спрямованої на врахування думки всіх сторін і зближення розбіжних точок зору;

стандарт – документ, що містить правила для загального та багаторазового застосування, загальні принципи або характеристики, які стосуються діяльності чи її результатів, з метою досягнення оптимального ступеня впорядкованості у певній галузі, розроблений у встановленому порядку на основі консенсусу;

міжнародний та регіональний стандарти – стандарти, затверджені відповідним та регіональними органами стандартизації;

національні стандарти – державні стандарти України, запроваджені центральним органом виконавчої влади у сфері стандартизації та доступні для широкого кола користувачів;

кодекс ustalеної практики – документ, у якому подані правила чи процедури проектування, виготовлення, монтажу, технічного обслуговування, експлуатації, обладнання, конструкцій чи виробів. Кодекс ustalеної практики може бути стандартом, частиною стандарту або окремим документом;

технічні умови – документ, що містить технічні вимоги, яким мають відповідати продукція, процеси чи послуги. Технічні умови можуть бути стандартом, частиною стандарту або окремим документом;

технічний регламент – нормативно-правовий акт, затверджений органом державної влади, що передбачає технічні вимоги до продукції, процесів чи послуг безпосередньо або через посилання на стандарти чи відтворює їх зміст;

затвердження стандарту (міжнародної організації) – це набуття ним статусу державного (ДСТУ). У цьому разі державний стандарт може мати три ступені відповідності міжнародному. Він може бути ідентичний, модифікований та нееквівалентний;

ідентичний стандарт – це стандарт, повністю еквівалентний міжнародному;

модифікований стандарт – це національний стандарт, який має технічні відхилення, але відтворює структуру міжнародного стандарту.

2. Органи стандартизації в Україні

До органів державної служби стандартизації відносяться:

— Державний комітет України з стандартизації, метрології та сертифікації (Держстандарт України);

— Український науково-дослідний інститут стандартизації, сертифікації та інформатики (УкрНДІССІ);

— Державний науково-дослідний інститут “Система” (ДНДІ “Система”);

— Український державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації (УкрЦСМ);

— Український навчально-науковий центр зі стандартизації, метрології та якості продукції;

— технічні комітети зі стандартизації (ТК);

— територіальні центри стандартизації, метрології та сертифікації.

Держстандарт України був створений Постановою Кабінету Міністрів України №293 від 23.09.1991 р. на базі Українського республіканського управління Держстандарту СРСР. Він є національним органом зі стандартизації, створює державну систему стандартизації в країні і керує всіма роботами з стандартизації, метрології та сертифікації.

На УкрНДІССІ покладена розробка науково-технічних і економічних основ стандартизації, перспективних планів комплексної стандартизації сировини, матеріалів, півфабрикатів і готових виробів, стандартів на єдині методи випробування продукції. Він виконує експертизу стандартів перед їх затвердженням, проводить порівняльний аналіз рівня

стандартизації в Україні і зарубіжних країнах, надає інформацію з стандартизації всім зацікавленим організаціям.

На ДНДІ “Система” покладена розробка основоположних стандартів.

На УкрЦСМ покладено здійснення всієї централізованої інформації організацій і підприємств про чинні стандарти, технічні умови і іншу нормативну документацію, а також забезпечення їх цією документацією. Центр здійснює реєстрацію стандартів та іншої нормативної документації з стандартизації державного і галузевого значення, підготовку кадрів, підвищення їх кваліфікації та видання нормативних документів зі стандартизації.

На Український навчально-науковий центр зі стандартизації, метрології та якості продукції покладена підготовка кадрів і підвищення їх кваліфікації.

Технічні комітети з стандартизації створюються за рішенням Держстандарту України для організації та забезпечення розроблення, розгляду, експертизи, погодження і підготовки до затвердження державних стандартів України, інших нормативних документів зі стандартизації, а також проведення робіт з регіональної та міжнародної стандартизації.

До роботи в технічних комітетах залучаються на добровільних засадах уповноважені представники заінтересованих підприємств, установ та організацій замовників (споживачів), розробників, виробників продукції, органів і організацій з стандартизації, метрології, сертифікації, товариств (спілок) споживачів, науково-технічних та інженерних товариств, інших громадських організацій, провідні вчені та фахівці. На сьогодні в Україні створено 120 технічних комітетів.

На територіальні центри покладено контроль за впровадженням і додержанням стандартів і технічних умов.

У структурі Держстандарту України налічується 35 територіальних центрів — 26 обласних і 9 міських.

3. Органи галузевої служби стандартизації

До них відносяться:

- служба стандартизації міністерства або відомства;
- головні (базові) організації зі стандартизації;
- служба стандартизації підприємства (організації).

Служба стандартизації міністерства або відомства здійснює керівництво і координацію діяльності з питань стандартизації в галузях народного господарства. Для цього при міністерстві чи відомстві організується відділ стандартизації, на який покладено організацію і планування робіт по створенню проектів державних і галузевих стандартів на проектування і виготовлення продукції, а також організацію найважливіших наукових досліджень зі стандартизації для забезпечення випуску продукції високої якості,

Головні (базові) організації зі стандартизації здійснюють проведення науково-дослідних робіт і розробку нормативних документів з стандартизації, як правило, галузевого рівня.

Служба стандартизації на підприємстві (організації) здійснює організацію і проведення робіт з стандартизації. Це може бути відділ (на великому підприємстві або об'єднанні), група або навіть відповідальний за стандартизацію.

Головним завданням служби стандартизації на підприємстві і в організації є науково-технічне та організаційно-методичне керівництво роботами з стандартизації, а також безпосередня участь у проведенні цих робіт.

Керівник служби стандартизації несе відповідальність нарівні з керівником підприємства за додержання стандартів і технічних умов в технічній документації, що розробляється підприємством, за якість і техніко-економічне обґрунтування розроблених підприємством стандартів і технічних умов, за відповідність їх показників сучасному рівню техніки, за своєчасний перегляд стандартів і технічних умов з метою приведення їх у відповідність зі зростаючими вимогами народного господарства.

В обов'язки цієї служби входить:

- організація і планування робіт з стандартизації та контроль за їх виконанням;
- розробка проектів стандартів підприємства і технічних умов;

- систематичний контроль за впровадженням і додержанням стандартів і технічних умов при проектуванні та виробництві продукції;
- визначення фактичного рівня уніфікації та стандартизації виробів і розрахунок економічної ефективності робіт з стандартизації;
- забезпечення всіх служб підприємства необхідною нормативною документацією з стандартизації;
- організація обліку, зберігання і внесення змін в усі екземпляри стандартів та технічних умов;
- організація і здійснення нормоконтролю технічної документації, що розробляється підприємством;
 - допомога всім службам підприємства з усіх питань стандартизації і уніфікації.

3. Основна мета стандартизації

Вся робота з стандартизації в Україні регламентується Декретом Кабінету Міністрів та комплексом стандартів державної системи стандартизації, перші стандарти якого введені в дію 01.10.93 р. наказом Держстандарту України №116 від 29.07.1993 р.

Державна система стандартизації в Україні визначає мету і принципи управління, форми та загальні організаційно-технічні правила виконання всіх видів робіт зі стандартизації.

Основною метою стандартизації є:

- реалізація єдиної технічної політики у сфері стандартизації, метрології та сертифікації;
- захист інтересів споживачів і держави з питань безпеки продукції, процесів, послуг для життя, здоров'я та майна громадян, охорони навколишнього середовища;
- забезпечення взаємозамінності та сумісності продукції, її уніфікації;
- забезпечення якості продукції, виходячи з досягнень науки і техніки, потреб населення і народного господарства;
- раціональне використання всіх видів ресурсів, підвищення техніко-економічних показників виробництва;
- безпека народногосподарських об'єктів з урахуванням ризику виникнення природних і техногенних катастроф та інших надзвичайних ситуацій;
- створення нормативної бази функціонування систем стандартизації, управління якістю та сертифікації продукції, проведення державної політики у сфері ресурсозаощадження (в тому числі застосування мало- і безвідходних технологій), розроблення і виконання державних і міждержавних соціально-економічних і науково-технічних програм;
- усунення технічних та термінологічних перешкод для створення конкурентоспроможної продукції та її виходу на світовий ринок;
- впровадження та використання сучасних виробничих та інформаційних технологій;
- сприяння забезпеченню обороноздатності та мобілізаційної готовності країни.

4. Об'єкти стандартизації

Об'єктами державної стандартизації є:

а) об'єкти організаційно-методичні та загальнотехнічні, в тому числі:

- організація проведення робіт з стандартизації;
- термінологічні системи різних галузей знань та діяльності;
- класифікація і кодування техніко-економічної та соціальної інформації;
- системи і методи забезпечення якості та контролю якості (вимірювань, аналізу), методи випробувань;
- метрологічне забезпечення (метрологічні норми, правила, вимоги, організація робіт);
- вимоги техніки безпеки, гігієни праці, ергономіки, технічної естетики;
- системи технічної та іншої документації загального використання, єдина технічна мова;
- системи величин та одиниць;
- типорозмірні ряди і типові конструкції виробі її загально-машинобудівного застосування (підшипники, кріплення, інструменти, деталі тощо);
- інформаційні технології, включаючи програмні та технічні засоби інформаційних систем загального призначення;
- достовірні довідкові дані про властивості речовин та матеріалів;

б) продукція міжгалузевого призначення та широкого вжитку;

в) складові елементи народногосподарських об'єктів державного значення, в т.ч. банківсько-фінансова система, транспорт, зв'язок, енергосистема, охорона навколишнього природного середовища, вимоги до вживаних природних ресурсів, оборона тощо;

г) об'єкти державних соціально-економічних та державних науково-технічних програм.

5. Категорії нормативних документів зі стандартизації

Нормативні документи зі стандартизації розподіляють за такими категоріями:

— державні стандарти України — ДСТУ;

— галузеві стандарти України — ГСТУ;

— стандарти науково-технічних та інженерних товариств і спілок України — СТТУ;

— технічні умови України — ТУУ;

— стандарти підприємств — СТП.

Державні стандарти України розробляються на:

— організаційно-методичні та загальнотехнічні об'єкти, а саме: організація проведення робіт із стандартизації, науково-технічна термінологія, класифікація і кодування техніко-економічної та соціальної інформації, технічна документація, інформаційні технології, організація робіт з метрології, достовірні довідкові дані про властивості матеріалів і речовин;

— вироби загальномашинобудівного застосування;

— складові елементи народногосподарських об'єктів державного значення (банківсько-фінансова система, транспорт, зв'язок, енергосистема, охорона навколишнього природного середовища, оборона тощо);

— продукцію міжгалузевого призначення;

— продукцію для населення та народного господарства;

— методи випробувань.

Державні стандарти України містять обов'язкові та рекомендовані вимоги.

До **обов'язкових** належать:

— вимоги, що стосуються безпечності продукції для життя, здоров'я і майна громадян, її сумісності і взаємозамінності, охорони навколишнього природного середовища і вимоги до методів випробувань цих показників;

— вимоги техніки безпеки і гігієни праці з посиланням на відповідні норми і правила;

— метрологічні норми, правила, вимоги та положення, що забезпечують достовірність і єдність вимірювань;

— положення, що забезпечують технічну єдність під час розроблення, виготовлення, експлуатації або застосування продукції.

Обов'язкові вимоги державних стандартів підлягають безумовному виконанню на всій території України.

Рекомендовані вимоги державних стандартів України підлягають безумовному виконанню, якщо:

— це передбачено чинними актами законодавства;

— ці вимоги включено до договорів на розроблення, виготовлення та поставку продукції;

— виробником (постачальником) продукції документально заявлено про відповідність продукції цим стандартам.

Державні стандарти затверджує Держстандарт України, а стандарти в галузі будівництва та промисловості будівельних матеріалів — Мінбудархітектури України.

Державні стандарти та зміни до них підлягають державній реєстрації в Держстандарті України і публікуються українською мовою з автентичним текстом російською мовою.

До державних стандартів України прирівнюються державні будівельні норми і правила, а також державні класифікатори техніко-економічної та соціальної інформації.

Як державні стандарти України використовуються також державні стандарти колишнього Союзу (міждержавні стандарти), передбачені угодою про проведення країнами СНД погодженої політики в сфері стандартизації, метрології та сертифікації.

Республіканські стандарти УРСР застосовуються як державні до їх заміни чи скасування.

Галузеві стандарти розробляють на продукцію за відсутності державних стандартів України чи в разі необхідності встановлення вимог, які перевищують або доповнюють вимоги державних стандартів.

Стандарти науково-технічних та інженерних товариств і спілок розробляють у разі необхідності поширення результатів фундаментальних і прикладних досліджень, одержаних в окремих галузях знань чи сферах професійних інтересів.

Галузеві стандарти, як і стандарти науково-технічних та інженерних товариств і спілок, не повинні суперечити обов'язковим вимогам державних стандартів і підлягають державній реєстрації в Держстандарті України.

Технічні умови — нормативний документ, який розробляють для встановлення вимог що регулюють стосунки між постачальником (розробником, виробником) продукції, для якої відсутні державні чи галузеві стандарти (або в разі необхідності конкретизації вимог зазначених документів).

Стандарти підприємства розробляють на продукцію (процеси, послуги), які виробляють і застосовують (здійснюють, надають) лише на конкретному підприємстві.

6. Види стандартів

Відповідно до специфіки об'єкта стандартизації, складу та змісту вимог, встановлених до нього, для різних категорій нормативних документів з стандартизації розробляють стандарти таких видів:

- основоположні;
- на продукцію, послуги;
- на процеси;
- методів контролю (випробувань, вимірювань, аналізу).

Основоположні стандарти встановлюють організаційно-методичні та загальнотехнічні положення для визначеної галузі стандартизації, також терміни та визначення, загальнотехнічні вимоги та правила, норми, що забезпечують впорядкованість, сумісність, взаємозв'язок та взаємопогодженість різних видів технічної та виробничої діяльності під час розроблення, виготовлення, транспортування та утилізації продукції, охорону навколишнього природного середовища.

Стандарти на терміни та визначення всіх категорій, крім державних, до їх затвердження підлягають погодженню з Держстандартом України, а в галузі будівництва — з Мінбудархітектури України.

Стандарти на продукцію, послуги встановлюють вимоги до груп однорідної або конкретної продукції, послуги, які забезпечують її відповідність своєму призначенню.

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

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

7. Взаємозамінність та її види

Взаємозамінністю виробів називають їх здатність займати певне місце у складнішому виробі чи здатність будь-якого виробу рівноцінно замінювати інший. Якщо заміна однотипних виробів можлива без додаткового регулювання чи припасування (додаткового оброблення різанням), то таку взаємозамінність називають *повною*. Вироби повинні відповідати вимогам креслень, технічним вимогам чи стандартам, у яких наведені марка та стан матеріалу виробу (заготовки, деталі), форма та розміри, якість поверхонь, електричні та інші фізичні параметри, покриття тощо. Усі параметри виробу повинні мати певні значення.

Взаємозамінність дає змогу виготовляти вироби на будь-якому підприємстві та використовувати їх для складання складніших виробів чи ремонтувати на інших підприємствах. Наприклад, сучасні автомобільні заводи переважно складають автомобілі з виробів (деталей, вузлів, агрегатів, приладів тощо), виготовлених на інших фірмах і заводах. Їхні вироби як запасні частини використовують тисячі підприємств, що ремонтують автомобілі.

Повна взаємозамінність полегшує процес складання чи ремонтування виробів, дає змогу використовувати робітників невисокої кваліфікації, полегшувати механізацію та автоматизацію виробництва, підвищувати точність нормування праці, сприяє розширенню кооперування та інтегрування підприємств, що проектують, виготовляють та експлуатують вироби. Недоліками повної взаємозамінності є підвищені вимоги до точності параметрів виробів і зумовлена цим вища їх вартість. Для забезпечення повної геометричної взаємозамінності деталей та вузлів розміри поверхонь, що поєднуються, виготовляють з високою точністю (5, 6 і 7 квалітети точності), а розмірні ланцюги, що визначають розміри відповідальних замикальних ланок для деталей, вузлів, мають бути якомога коротшими.

Неповною взаємозамінністю називають здатність виробів займати певне місце у складнішому виробі, але після додаткового часткового оброблення (припасування) заданих поверхонь; добирання поєднуваних складових частин внаслідок регулювання заданих розмірів за допомогою спеціально передбачених у конструкції відповідних ланок (поверхонь, деталей).

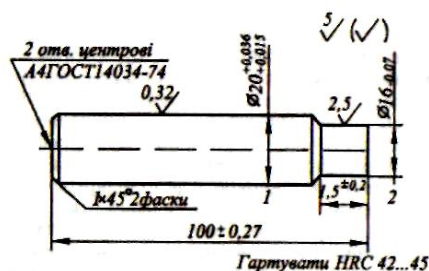
Зовнішньою вважають таку взаємозамінність, що забезпечує здатність виробів займати певне місце у складнішому виробі тільки за виконуваними функціями, габаритними та монтажними розмірами поєднуваних поверхонь виробів, а *внутрішньою* — таку взаємозамінність, що забезпечує здатність усіх складових частин складного виробу займати певне місце у ньому. Наприклад, кулькові підшипники за виконуваними функціями та монтажними розмірами зовнішнього та внутрішнього кілець є взаємозамінними, тобто вироби мають зовнішню взаємозамінність, але окремі частини їх (зовнішні та внутрішні кільця, кульки) не є взаємозамінними між собою, бо подаються для складання у вальниці тільки селективно дібраними комплектами, тобто не мають внутрішньої взаємозамінності. Будь-яка окрема частина кулькового чи роликового підшипника не є взаємозамінною.

8. Загальні поняття про розміри., їх відхилення та допуски

Взаємозамінність виробів за їх геометричними параметрами (формою та розмірами) доцільно вивчати на прикладах гладких циліндричних внутрішніх (отворів) і зовнішніх (валів) поверхонь. Термін *отвір* переважно застосовують не тільки для позначення внутрішніх поверхонь отворів, а й для всіх охоплювальних поверхонь, а термін *вал* — відповідно для всіх охоплюваних поверхонь і розмірів елементів виробів. Ці терміни використовують не тільки для циліндричних, а й для поверхонь будь-якої іншої форми (плоских, криволінійних). Наприклад, призматичну шпонку приймають як вал, а пази для неї у валу чи втулці (шківі, шестерні) — як отвір.

Значення геометричних параметрів оцінюють за допомогою розмірів, що є числовими значеннями лінійних чи кутових розмірів. Наприклад, діаметр, довжину, ширину, глибину, висоту оцінюють лінійними розмірами, а кути, нахили, конусності — кутовими розмірами. За призначенням розміри поділяють на номінальні, допускні та істинні.

Номінальними називають прийняті під час проектування розміри, подані у робочих кресленнях чи ескізах. Вал з чотирма номінальними розмірами ($\varnothing 20$; $\varnothing 16$; 100; 15) і двома фасками $1 \times 45^\circ$ зображений на рис. 1. Номінальні розміри служать для розрахунків і накреслення у заданому масштабі зображень чи проекцій виробів на робочих кресленнях



(детальних і складальних). Їх отримують як результат розрахунків відповідних заокруглень з конструктивних (технологічних, естетичних) міркувань. З метою стандартизації їх значення добирають із рядів номінальних розмірів, встановлених стандартами на базі рядів переважних чисел. Розміри, що є похідними

Рис. 1.

від інших розмірів (наприклад, ділильного діаметра та кроку зубчастих коліс, великого, середнього та малого діаметрів і кроків різьб, виконавчих розмірів калібрів, технологічних міжопераційних розмірів) подають на кресленнях та ескізах без заокруглень і незалежно від того, чи входять вони у ряди переважних чисел.

Найбільшим і найменшим граничними значеннями розмірів називають ті, які визначені вимогами забезпечення взаємозамінності виробів. Допускні значення розмірів у кресленнях та ескізах не наводять. Їх визначають за допомогою арифметичних розрахунків, додаючи до номінальних розмірів допускні для них відхилення, які проставляють у кресленнях чи ескізах справа (зверху, знизу та поруч) від номінальних розмірів. *Верхнім (нижнім)* називають відхилення розміру, додавання якого до номінального його значення дає змогу отримати найбільший (найменший) граничний розмір.

Граничні відхилення розмірів дають змогу визначити їх найбільші та найменші значення. Шляхом додавання до номінальних розмірів їх верхніх відхилень отримують найбільші допускні розміри, а додаванням до номінальних розмірів їх нижніх відхилень — найменші допускні розміри.

Значення граничних розмірів, як і допускних відхилень, дають змогу визначити задану точність та дібрати контрольно-вимірювальні засоби.

Істинними називають розміри, які отримують внаслідок виготовлення та вимірювання розмірів виробів. З визначення випливає, що похибки засобів вимірювання входять до результатів вимірювань істинних розмірів. Ці розміри можуть мати різні значення для кожного з виготовлених виробів і залежно від того, перебувають вони чи не перебувають у допускних межах, вироби належать відповідно до придатних чи бракованих. Якщо істинний розмір виявився таким, що за допомогою додаткового оброблення можна ще отримати заданий розмір, то такі браковані вироби вважають непридатними і повертають виробнику на виправлення, якщо ж — ні, то їх відносять остаточно до непоправних і списують у витрати виробництва.

9. Графічне зображення розмірів, їх відхилень і допусків

Розглянемо умовну схему розмірів отвору та вала з їх відхиленнями (рис. 6.2). Для наочності зображення номінальних, граничних розмірів та їх відхилень наведені у різних масштабах (для розмірів — менші, а для відхилень — більші). Окрім цього, початок відліку для всіх розмірів зводять до однієї лінії, а номінальні розміри зображають тільки нульовою лінією. Номінальний, найбільший та найменший допускні розміри для отворів позначають як D , D_{\max} і D_{\min} , а для вала — відповідно як d , d_{\max} і d_{\min} . Значення верхнього та нижнього відхилень для розміру отвору позначають відповідно як ESD та EID а для розміру вала — як esd та eid . *Основним* називають відхилення, яке є ближчим до номінального розміру (нульової лінії), а *істинним* — відхилення, отримане у результаті виготовлення та вимірювання розміру. Воно є алгебричною різницею між істинним і номінальним розмірами.

Різниці між найбільшими та найменшими розмірами чи верхніми та нижніми відхиленнями називають *допусками розмірів* отвору та вала і позначають відповідно як TD і Td . З рис. 6.2 видно, що

$$D_{\max} = D + ESD \quad (6.1)$$

$$D_{\min} = D + EID \quad (6.2)$$

$$d_{\min} = d + esd \quad (6.3)$$

$$d_{\max} = d + eid, \quad (6.4)$$

а допуски розмірів отвору та вала

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = (D + ESD) - (D - EID) = ESD - EID, \quad (6.5)$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = (d + esd) - (d + eid) = esd - eid. \quad (6.6)$$

Відповідно для розмірів, зображених на рис.6.1, значення допусків: $+0,036 - (+0,015) = 0,021$ мм — для розміру $\varnothing 20$; $0 - (-0,07) = 0,07$ мм — для розміру 16 мм; $+0,027 - (-0,027) = 0,054$ мм — для розміру 100 мм; $+0,2 - (-0,2) = 0,4$ мм — для розміру 15; $+0,5 - (-0,5) = 1,0$ мм — для розміру 1 мм і $+2^{\circ}18' - (-2^{\circ}18') = 4^{\circ}36'$ — для розміру 45° .

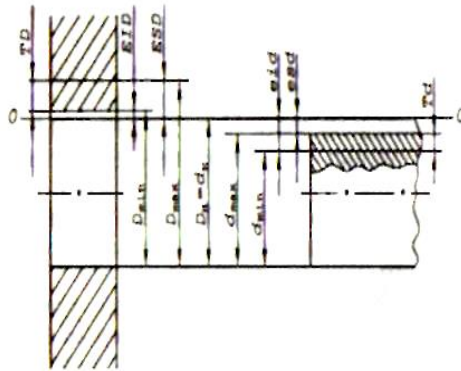


Рис. 6.2.

Розміри, які більші від номінальних (над нульовою лінією), мають знак “+”, а всі розміри, менші від номінальних (під нульовою лінією), мають знак “-”. Усі відхилення розмірів, що не дорівнюють нулю, завжди мають відповідний знак “+” чи “-”, тому на рисунках біля кожного значення відхилення розмірів ставлять відповідні знаки, а допуск розміру, що є різницею найбільшого та найменшого розмірів (чи відхилень) є додатною величиною. Біля значення допусків знаків не ставлять.

Для наочності і спрощення на схемах розмірів та їх відхилень часто зображають тільки нульову лінію і поля допусків розмірів малюють як прямокутники та заштриховують для розмірів отворів у один бік, а для розмірів валів — у другий. Усі відхилення та допуски на одному рисунку роблять у довільному, але одному масштабі. Така схема полів допусків для отворів і валів для розміру 50 зображена на рис. 3.

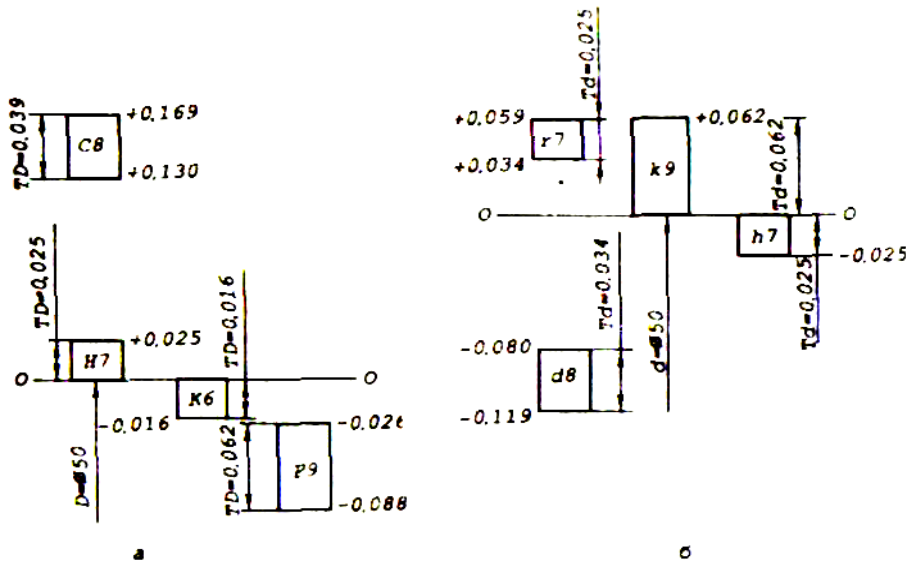


Рис. 6.3.

Приклад. Для заданих на рис. 6.3, а і б полів допусків розрахувати отвір з найбільшими граничними розмірами та вал з найменшими граничними розмірами.

Розв’язання. Найбільші граничні розміри матиме отвір, поле допуску якого розміщене найвище над нульовою лінією. Цій умові відповідає поле допуску з відхиленнями +0,130 і +0,169, а допускні розміри зазначеного отвору такі:

найменший $050 + 0,130 = \text{Ø}50,130$ мм і найбільший $\text{Ø}50 + 0,169 = \text{Ø}50,169$ мм. Відповідно найменші граничні розміри матиме вал, поле допуску якого найнижче від нульової лінії. Таке поле допуску має відхилення - 0,080 і - 0,119, а допускні розміри вала такі: найменший $\text{Ø}50 + (-0,119) = \text{Ø}49,881$ мм і найбільший $\text{Ø}50 + (-0,080) = \text{Ø}49,920$ мм.

10. Загальна характеристика з’єднань робочих поверхонь деталей

Як відомо, з’єднання деталей можуть забезпечувати відповідне їх відносно вільне переміщення або нерухомість. Все залежить від того, розмір якої з поверхонь отвору чи вала

є більшим. Якщо розмір поверхні отвору більший від розміру поверхні вала, між ними буде відповідний проміжок, який забезпечує можливість їх взаємного переміщення. Цей проміжок, згідно з ДСТУ 2500-94 називають *зазором*. У разі більшого розміру поверхні вала від поверхні отвору з'єднати між собою такі деталі можна, тільки приклавши певне зусилля, наприклад шляхом запресування чи використання температурного розширення матеріалів деталей (відповідно нагріваючи деталь з отвором чи охолоджуючи вал). Таке з'єднання буде нерухомим. Згідно з ДСТУ 2500-94, рухомі з'єднання називають *з'єднаннями з зазором*, а нерухомі — *з'єднаннями з натягом*. Величина проміжку чи натягу між робочими поверхнями визначає ступінь свободи відносного переміщення деталей чи ступінь опору цьому переміщенню.

Ще є з'єднання, які залежно від випадкових значень розмірів з'єднуваних поверхонь у межах допускних значень їх розмірів можуть бути рухомими чи нерухомими. Поля допусків отвору та вала змішаного з'єднання, яке, залежно від розмірів робочих поверхонь з'єднуваних деталей, може бути рухомим чи нерухомим, перекриваються. Згідно з ДСТУ 2500-94, таке з'єднання називають *з'єднанням з перехідною посадкою*.

Для оцінки точності з'єднань інколи використовують суму допусків розмірів обох з'єднуваних поверхонь, які, згідно з ДСТУ 2500-94, називають *допуском посадки*.

З метою уніфікації з'єднань у стандартах рекомендовані до використання так звані система отвору та система вала. *Системою отвору* називають такий набір з'єднань, де за основне приймають поле допуску отвору, а поле допуску вала добирають залежно від заданого характеру з'єднання (рис. 6.4,а). Для такої системи за нижнє відхилення розміру отвору здебільшого приймають нуль.

Системою вала називають такий набір з'єднань, де за основне приймають поле допуску вала, а поле допуску отвору добирають залежно від заданого характеру з'єднання (рис. 6.4,б). Для такої системи за верхнє відхилення розміру вала здебільшого мають нуль. Основне відхилення вала добирають залежно від заданого характеру з'єднання.

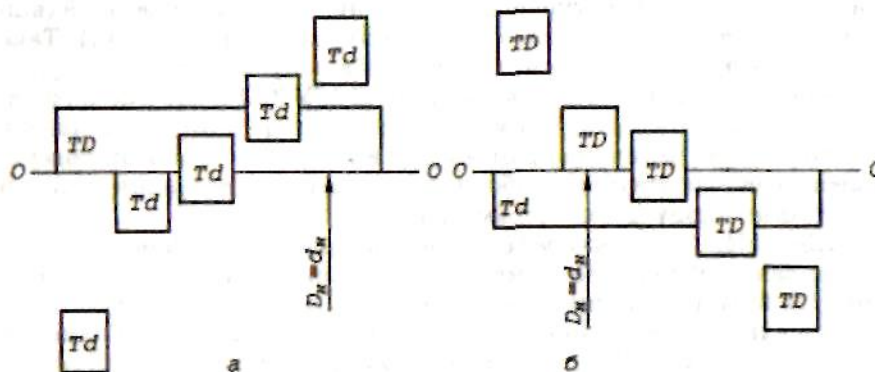


Рис. 6.4.

Система отвору характерна тим, що для багатьох з'єднань з однаковим номінальним розміром отвори мають однакові граничні розміри, а вали переважно — різні відхилення для кожного зі з'єднань. Це дає змогу значно зменшити трудомісткість і вартість оброблення різанням заготовок, оскільки меншою є потрібна кількість мірних різальних інструментів (свердл, розверток, зенкерів тощо), якими обробляють внутрішні поверхні, а значна кількість розмірів зовнішніх поверхонь відповідно до кількості з'єднань за їх характером не зумовлює відповідної кількості різальних інструментів, оскільки зовнішні поверхні різних розмірів переважно обробляють обмеженою кількістю універсальних чи уніфікованих різальних інструментів (різців, фрез, шліфувальних кругів тощо). Окрім цього оброблення зовнішньої поверхні здебільшого має меншу трудомісткість, ці поверхні доступніші. Тому система отвору, як економічніша, стала більш поширеною.

Графічно для з'єднань малюють схему з двома полями допусків, відповідно для розмірів отвору та вала зі спільною нульовою лінією.

11. Поняття про одиницю допуску й квалітет точності

Відповідно до чинних стандартів (ГОСТ 25346-82), для визначення допусків розмірів введено поняття одиниці допуску та якості точності. *Одиницею допуску* називають множник чи коефіцієнт, що є функцією величини номінального розміру. Кількість одиниць допуску, яка визначає допуск розміру, називають *якістю точності розміру*. Якість точності визначає сукупність допусків однакового ступеня точності для всіх номінальних розмірів. Тому значення допуску будь-якого розміру

$$T = 0,001 i k, \quad (6.7)$$

де i - значення одиниці допуску, мкм; k - кількість одиниць допуску.

Значення одиниці допуску визначають за допомогою залежностей, які були встановлені експериментально, відповідно

$$i = 0,45 \dots D + 0,001D, \quad (6.8)$$

для номінальних розмірів зі значеннями до 500 мм

$$i = 0,004 D + 2,1,$$

для номінальних розмірів зі значеннями понад 500 до 10 000 мм,

де D - номінальне значення розміру, мм.

Отже, меншій кількості одиниць допуску відповідає вища точність розміру, а більшій кількості одиниць допуску – нижча точність розміру. У системі ISO встановлено 20 якостей точності, які позначають у порядку зменшення точності розмірів від 01 до 18.

Допуск розмірів позначають двома буквами *IT* або скорочено *T* (від англійського *tolerans*) разом з номером якості точності, наприклад *IT01(T01)*, *IT7(T7)*, *IT12(T12)* тощо.

12. Основні поняття про допуски і посадки

Механізми машин і приладів складаються з деталей, які роблять в процесі роботи певні відносні руху або з'єднаних нерухомо. Деталі, в тій чи іншій мірі взаємодіють між собою в механізмі, називають сполученими.

Абсолютно точне виготовлення будь-якої деталі неможливо, як неможливо і виміряти її абсолютний розмір, оскільки точність будь-якого вимірювання обмежена можливостями засобів вимірювання на даному етапі науково-технічного прогресу, при цьому межі цієї точності не існує. Втім, виконання деталей механізмів з найбільшою точністю найчастіше недоцільно, в першу чергу - з економічної точки зору, оскільки високоточні вироби значно дорожче у виготовленні, а для нормального функціонування в механізмі цілком достатньо виконати деталь з меншою точністю, т. Е. Дешевше.

Виробничий досвід показав, що завдання вибору оптимальної точності можна вирішити встановленням для кожного розміру деталі (особливо для сполучених її розмірів) меж, в яких може коливатися її дійсний розмір; при цьому виходять з того, що вузол, в який входить деталь, повинен відповідати своєму призначенню і не втрачати працездатність в необхідних умовах функціонування з необхідним ресурсом.

Рекомендації по вибору граничних відхилень розмірів деталей розроблені на підставі багаторічного досвіду виготовлення і експлуатації різних механізмів і приладів і наукових досліджень, і викладені в єдиній системі допусків і посадок (ЕСДП РЕВ). Допуски і посадки, встановлені *ЕСДП РЕВ*, можуть бути здійснені за системами отвори або вала. Розглянемо основні поняття з цієї системи.

Номінальним називають основний розмір, що отримується з розрахунку на міцність, жорсткість або обраний конструктивно і проставляється на кресленні. Простіше кажучи, номінальний розмір деталі отриманий конструкторами і розробниками розрахунковим шляхом (виходячи з вимог міцності, жорсткості і т. П.) І вказується на кресленні деталі у вигляді основного розміру

Номінальний розмір з'єднання є загальним для отвору і валу, складових з'єднання. За номінальними розмірами виконують в тому чи іншому масштабі креслення деталей, складальних одиниць і приладів.

Для уніфікації та стандартизації встановлені ряди номінальних розмірів (ГОСТ 8032-84 "Перевага числа і переважні числа"). Отриманий розрахунком або обраний розмір слід округляти до найближчого значення із стандартного ряду. Це особливо відноситься до розмірів деталей, одержуваних стандартним або нормалізованим інструментом, або приєднувальних по відношенню до інших стандартних деталей або вузлів.

Для скорочення номенклатури застосовуваного у виробництві ріжучого і вимірювального інструмента в першу чергу рекомендується застосовувати розміри, що закінчуються на 0 і 5, а потім - на 0; 2; 5 і 8.

Розмір, отриманий в результаті вимірювання деталі з найбільшою можливою точністю, називають дійсним.

Не слід плутати дійсний розмір деталі з її абсолютним розміром. Абсолютний розмір - реальний (фактичний) розмір деталі; його неможливо виміряти ніякими надточними засобами вимірювання, оскільки завжди буде присутній похибка, обумовлена, в першу чергу, рівнем розвитку науки, техніки і технологій. Крім того, будь-яке матеріальне тіло при температурі вище абсолютного нуля "дихає" - на його поверхні постійно переміщуються мікрочастинки, молекули й атоми, відриваючись від тіла і повертаючись назад. Тому, навіть маючи в розпорядженні надточні засоби вимірювань, абсолютний розмір деталі визначити неможливо; можна лише говорити про реальний розмір в нескінченно малий відрізок (момент) часу. Висновок очевидний - абсолютний розмір деталі (як і будь-якого тіла) - поняття абстрактне.

Розміри, між якими може знаходитися дійсний розмір виготовленої деталі, називають **граничними**, при цьому розрізняють найбільший і найменший граничні розміри. Виконана в інтервалі між граничними розмірами деталь вважається придатною. Якщо ж її розмір виходить за граничні обмеження - вона вважається браком. За граничним розміром встановлюють тип з'єднання деталей і допустиму неточність їх виготовлення. Для зручності на кресленнях вказують номінальний розмір деталі, а кожен з двох граничних розмірів визначають по його відхиленню від цього розміру. Величину і знак відхилення отримують в результаті віднімання номінального розміру з відповідного граничного розміру.

Різниця між найбільшим граничним і номінальним розмірами називається верхнім відхиленням (позначається es або ES), різниця між найменшим граничним і номінальним - нижнім відхиленням (позначається ei або EI). Верхнє відхилення відповідає найбільшому граничному розміру, а нижнє - найменшому.

Все, що сполучаються (взаємодіючі) в механізмі деталі поділяють на дві групи - вали і отвори. Вал позначає зовнішній (охоплюється) елемент деталі. При цьому вал не обов'язково повинен мати круглу форму: в поняття «вал» входить, наприклад, шпонка, а шпонковий паз в цьому випадку називають «отвором». Основним називають вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю. Розміри вала на схемах і при розрахунках позначаються малими (маленькими) буквами: d , d_{max} , d_{min} , es , ei і т. Д.

Отвір позначає внутрішній (що охоплює) елемент деталі. Як і у випадку з валом, отвір не обов'язково має бути круглим - його форма може бути будь-хто. Основним називають отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю. Розміри отвору на схемах і при розрахунках позначаються прописними (великими) буквами: D , D_{max} , D_{min} , ES , EI і т. д.

Допуском (T) називається різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами деталі. Т. е. Допуск - це інтервал між граничними розмірами, в межах якого деталь не вважається браком. Допуск на розмір вала позначають T_d , отвори - T_D . Очевидно, що чим більше допуск на розмір, тим легше виготовити деталь. Допуск на розмір деталі може бути визначений, як різниця між граничними розмірами або як сума граничних відхилень:
 $T_D(d) = D(d)_{max} - D(d)_{min} = ES(es) + EI(ei)$, при цьому слід враховувати знаки граничних відхилень, оскільки допуск на розмір деталі завжди позитивний (не може бути менше нуля).

Посадки

Характер з'єднання, який визначається різницею між охоплює і охоплюються розміром, називається посадкою. Позитивна різниця між діаметрами отвору і вала називається зазором (позначається буквою S), а негативна - натягом (позначається літерою N). Іншими словами, якщо діаметр вала менше діаметра отвору - має місце зазор, якщо ж діаметр вала перевищує діаметр отвору - в сполученні присутній натяг. Зазор визначає характер взаємної рухливості сполучених деталей, а натяг - характер їх нерухомого з'єднання.

Залежно від співвідношення дійсних розмірів вала і отвору розрізняють рухомі посадки - з зазором, нерухомі посадки - з натягом і перехідні посадки, т. Е. Посадки, в яких може бути присутнім і зазор, і натяг (в залежності від того, які відхилення мають дійсні розміри

сполучених деталей від номінальних розмірів). Посадки, в яких обов'язково присутня зазор, називають посадками з гарантованим зазором, а посадки, в яких обов'язковий натяг - з гарантованим натягом. У першому випадку так вибирають граничні розміри отвору і вала, щоб в сполученні був гарантований зазор. Різниця між найбільшим граничним розміром отвору (D_{max}) і найменшим граничним розміром вала (d_{min}) визначає найбільший зазор (S_{max}):

$$S_{max} = D_{max} - d_{min}.$$

Різниця між найменшим граничним розміром отвору (D_{min}) і найбільшим граничним розміром вала (d_{max}) - найменший зазор (S_{min}):

$$S_{min} = D_{min} - d_{max}.$$

Дійсний зазор буде перебувати між зазначеними межами, т. Е. Між максимальним і мінімальним зазором. Зазор необхідний для забезпечення рухливості з'єднання і розміщення мастила. Чим вище число оборотів і вище в'язкість мастила, тим більше повинен бути зазор.

У посадках з натягом так вибирають граничні розміри вала і отвори, щоб в сполученні був гарантований натяг, обмежений мінімальним і максимальним значеннями - N_{max} і N_{min} :

$$N_{max} = d_{max} - D_{min}, N_{min} = d_{min} - D_{max}.$$

Перехідні посадки і можуть дати зазор або натяг невеликої величини. До виготовлення деталей не можна сказати, що буде в сполученні. Це стає зрозумілим тільки при складанні. Зазор не повинен перевищувати величини найбільшого зазору, а натяг - величини найбільшого натягу. Перехідні посадки застосовуються в тому випадку, якщо необхідно забезпечити точне центрування отвору і вала.

Всього в *ЕСДП РЕВ* передбачено 28 типів основних відхилень для валів і стільки ж для отворів. Кожен з них позначається рядковою латинською літерою (ГОСТ 2.304 - 81), якщо відхилення відноситься до вала, або прописаний, якщо відхилення відноситься до отвору. Літерні позначення основних відхилень прийняті в алфавітному порядку, починаючи від відхилень, що забезпечують найбільші зазори в з'єднанні. Поєднанням різних відхилень вала і отвору можна отримати посадки різного характеру (зазор, натяг або перехідна).

13. Посадки в системі отвору і системі вала

Посадки, встановлені *ЕСДП РЕВ*, можуть бути здійснені за системами отвори або вала. Система отвори характеризується тим, що в ній для всіх посадок граничні розміри отвору залишаються постійними, а посадки здійснюються відповідною зміною граничних розмірів вала (т. Е. Вал підганяється по отвору). Розмір отвору називається основним, а розмір вала - посадковим.

Система вала характеризується тим, що в ній для всіх посадок граничні розміри вала залишаються постійними, а посадки здійснюються зміною отвори (т. Е. Отвір підганяється за розміром вала). Розмір вала називається основним, а отвори - посадковим.

На промислових підприємствах в основному застосовують систему отвори, так як вона вимагає меншої кількості ріжучого і вимірювального інструмента, т. Е. Економічніша. Крім того, технологічно зручніше підганяти вал під отвір, а не навпаки, оскільки зручніше проводити обробку та контрольні вимірювання зовнішньої поверхні, а не внутрішньої. Систему вала, як правило, застосовують для зовнішніх кілець шарикопідшипників і в тих випадках, коли на гладкий вал насаджують кілька деталей з різними посадками.

У машинобудуванні найбільш поширені посадки, розташовані в порядку убавання натягу і зростання зазору: пресова (Пр), легкопрессовая (Пл), глуха (Г), туга (Т), напружена (Н), щільна (П), ковзаня (С), руху (Д), ходова (Х), легкоходова (Л), широкоходова (Ш). Пресові посадки дають гарантований натяг. Глуха, туга, напружена і щільна посадки є перехідними, а решта мають гарантований зазор. Для ковзної посадки гарантований зазор дорівнює нулю.

Для оцінки точності з'єднань (посадок) користуються поняттям допуску посадки, під яким розуміється різниця між найбільшим і найменшим зазорами (у посадках з зазором) або найбільшим і найменшим натягами (в посадках з натягом). У перехідних посадках допуск посадки дорівнює різниці між найбільшим і найменшим натягами або сумі найбільшого натягу і найбільшого зазору. Допуск посадки дорівнює також сумі допусків отвору і вала.

Квалітети

Сукупність допусків, що відповідають однаковою мірою точності для всіх номінальних розмірів, називається квалітетом (I). Іншими словами, квалітет - ступінь точності, з якою виконана деталь, при цьому враховується розмір цієї деталі. Очевидно, що якщо виконати з однаковим допуском дуже велику і дуже маленьку деталь, то відносна точність виготовлення великої деталі буде вище. Тому системою квалітетов приймається до уваги те, що (при однакових допуски) відношення величини допуску до номінального розміру у великій деталі буде менше, ніж ставлення допуску до номінального розміру маленької деталі (рис. 2), т. Е. Умовно велика деталь виготовлена точніше щодо своїх розмірів. Якщо, наприклад, для вала з номінальним діаметром 3 метри міліметрове відхилення від розміру можна вважати незначним, то для вала діаметром 10 мм таке відхилення буде дуже відчутним. Введення системи квалітетов дозволяє уникнути такої плутанини, оскільки точність виготовлення деталей прив'язується до їх розмірами.

За *ЕСДП РЕВ* квалітети стандартизовані у вигляді 19 рядів. Кожен квалітет позначається порядковим номером 01; 0; 1; 2; 3; ...; 17, зростаючим зі збільшенням допуску. Два найточніших квалітета - 01 і 0. Посилання на допуски по квалітетам *ЕСДП РЕВ* може бути зроблена скорочено літерами IT «Міжнародний допуск» з номером квалітету. Наприклад, IT7 означає допуск по 7-му квалітету.

В системі РЕВ для позначення допусків із зазначенням квалітетов застосовуються такі умовні позначення:

- Використовуються букви латинського алфавіту, при цьому отвору визначаються прописними буквами, а вали - малими.
- Отвір в системі отвору (основне отвір) позначається буквою *H* і цифрами - номером квалітету. Наприклад, *H6, H11* і т. Д.
- Вал в системі отвору позначається символом посадки і цифрами - номером квалітету. Наприклад, *g6, d11* і т. Д.
- Сполучення отвору і валу в системі отвору позначається дрібно: в чисельнику - допуск отвори, в знаменнику - допуск вала.

14. Графічне зображення допусків і посадок

Для наочності часто використовують графічне зображення допусків і посадок за допомогою, так званих, полів допусків .

Побудова виконується наступним чином. Від горизонтальної лінії, умовно зображує поверхню деталі при її номінальній розмірі, відкладають граничні відхилення в довільно обраному масштабі. Зазвичай на схемах величини відхилень вказують в мікронах, але можна будувати поля допусків і в міліметрах, якщо відхилення досить великі.

Лінія, яка при побудові схем полів допусків відповідає номінальним розміром і служить початком відліку відхилень розмірів, називається нульовою (0-0).

Поле допуску - поле, обмежене верхнім і нижнім відхиленнями, т. Е. При графічному зображенні поля допусків показують зони, які обмежені двома лініями, проведеними на відстанях, що відповідають верхньому і нижньому відхилення в обраному масштабі. Очевидно, що поле допуску визначається величиною допуску і його положенням щодо номінального розміру.

На схемах поля допусків мають вигляд прямокутників, верхні і нижні сторони яких паралельні нульовій лінії і відображають граничні відхилення, а бічні сторони в обраному масштабі відповідає допуску розміру.

На схемах вказують номінальний *D* і граничні (*D_{max}*, *D_{min}*, *d_{max}*, *d_{min}*) розміри, граничні відхилення (*ES*, *EI*, *es*, *ei*) поля допусків і інші параметри.

Граничне відхилення, яке ближче до нульової лінії, називають основним (верхнім або нижнім). Воно визначає положення поля допусків щодо нульової лінії. Для полів допусків, розташованих нижче нульової лінії, основним є верхнє відхилення. Для полів допусків, розташованих вище нульової лінії, основним є нижнє відхилення.

Принцип освіти полів допусків, прийнятий в *ЕСДП*, допускає поєднання будь-яких основних відхилень з будь-якими **КВАЛІТЕТ**. Наприклад, можна утворити поля допусків *A11, u14, z15* і інші, не встановлені в стандарті. Виняток становлять основні відхилення *J* і *j*, які замінюються основними відхиленнями *Js*, і *js*.

Використання всіх основних відхилень і квалітетів дозволяє отримати 490 полів допусків для валів і 489 для отворів. Такі широкі можливості освіти полів допусків дозволяють застосовувати ЕСДП в різних спеціальних випадках. Це є її істотним гідністю. Однак на практиці використання всіх полів допусків неекономічно, оскільки викличе надмірне різноманітність посадок і спеціального технологічного оснащення.

При розробці національних систем допусків і посадок на базі систем *ISO* зі всієї великої кількості полів допусків відбирають тільки ті поля, які забезпечують потреби промисловості країни і її зовнішньоекономічні зв'язки.

- *h* и *H* - Верхнє и Нижнє відхилення вала и відчинив, Рівні нулю (допуски з основними відхиленнями *h* и *H* прийняті для основних валів и отворів).
- *a - h* (*A - H*) - відхилення, що утворюють поля допусків при посадках з зазорами.
- *js - n* (*Js - N*) - відхилення, що утворюють поля допусків перехідних посадок.
- *p - zc* (*P - ZC*) - відхилення, що утворюють поля допусків посадок з натягом.

Поле допуску в ЕСДП РЕВ утворюється поєднанням одного з основних відхилень з допуском по одному з квалітетів. Відповідно до цього поле допуску позначається буквою основного відхилення і номером квалітету, наприклад *65f6*; *65e11* - для вала; *65P6*; *65H7* - для отвору. Основні відхилення залежать від номінальних розмірів деталей і залишаються постійними для всіх квалітетів. Виняток становлять основні відхилення отворів *J, K, M, N* і валів *j* і *k*, які при однакових номінальних розмірах, в різних квалітетах мають різні значення. Тому на схемах поля допусків з відхиленнями *J, K, M, N, j, k*, зазвичай розділені на частини і показані ступінчастими.

Специфічні поля допусків типу *js6*, *Js8*, *Js9* і т.д. Вони фактично не мають основного відхилення, оскільки розташовані симетрично щодо нульової лінії. За визначенням основне відхилення - це відхилення найближче до нульової лінії. Значить, обидва відхилення таких специфічних полів допусків можуть бути визнані основними, що неприпустимо.

Особливе значення мають основні відхилення *H* і *h*, які дорівнюють нулю (рисунок). Поля допусків з такими основними відхиленнями розташовані від номіналу «в тіло» деталі; їх називають полями допусків основного отвору і основного вала. Позначення посадок будуються як дроби, причому в чисельнику завжди знаходиться позначення поля допуску охоплює поверхні (отвори), а в знаменнику - поля допуску охоплюється (вала).

При виборі квалітету з'єднання і виду посадки конструктору слід враховувати характер сполучення, експлуатаційні умови, наявність вібрації, термін служби, коливання температури і вартість виготовлення.

Квалітет і вид посадки рекомендується вибирати за аналогією з тими деталями і вузлами, робота яких добре відома, або керуватися рекомендаціями довідкової літератури та нормативних документів (ОСТів).

Відповідно до квалітетом посадки вибирається чистота поверхні деталей, що сполучаються.

Допуски і посадки встановлені для чотирьох діапазонів номінальних розмірів:

- малий - до 1 мм;
- середній - від 1 до 500 мм;
- великий - від 500 до 3150 мм;
- дуже великий - від 3150 до 10 000 мм.

Середній діапазон є найбільш важливим, оскільки застосовується значно частіше.

Позначення допусків на кресленнях

Вказівки та позначення на кресленнях граничних відхилень форми і розташування поверхонь регламентуються ГОСТ 2.308-79, який передбачає для цих цілей спеціальні знаки і символи. З основними положеннями цього стандарту, використовуваними знаками і символами для позначення граничних відхилень, можна ознайомитися в цьому документі (*Формат WORD, 400 кБ*).

Відхилення форми і розташування поверхонь

Форма деталі, що обробляється завжди має деякі відхилення від правильної геометричної форми, заданої кресленням. Відхилення форми: відхилення від площини, не прямолінійність, не циліндричність, не круглість. Допустиму величину таких відхилень

указують на кресленнях надписами в технічних вимогах, наприклад «овальність шийки d25H7 не більше 0,02 мм».

Але більш доцільно її показувати умовними знаками на кресленнях. Дані про граничні відхилення форми і розташування поверхонь вказують в рамці де поміщають: а) знак відхилення, б) величину відхилення в мм, в) базу, до якої відноситься відхилення.

Таблиця .1.

Умовні означення допусків форми і розташування поверхонь на кресленнях

Група допусків	Вид допуску	Означення
Допуски форми	Допуск на прямолінійність	—
	Допуск на площину	▭
	Допуск на круглість	○
	Допуск на циліндричність	⊜
	Допуск на профіль подовжного перетину	=
Допуски розташування	Допуск на паралельність	//
	Допуск на перпендикулярність	⊥
	Допуск на наклони	∠
	Допуск на співвісність	◎
	Допуск на симетричність	≡
	Позиційний допуск	⊕
	Допуск на перехрещування осей	×
	Допуск на радіальне, торцеве биття, на биття в заданім напрямку	/
Сумарні допуски	Допуск на повне радіальне и торцеве биття	⌒
	Допуск на форму заданої поверхні	⌒

Відхилення розташування поверхонь: непаралельність, не перпендикулярність, не співвісність, биття торцеве чи радіальне, несиметричність, відхилення від пересічення осей. Ці відхилення також вказують в рамці і відносять до всієї довжини поверхні, або указують її значення у виді дробі, наприклад 0,1/100, тобто 0,1 мм на довжині 100 мм.

Допуски розмірів, форм і розташування поверхонь в залежності від квалітетів допусків розмірів і рівнів геометричної точності регламентуються ДСТ 25346. При відсутності на кресленнях вказівок на допустимі відхилення форми і розташування поверхонь, ці відхилення обмежують полем допуску на розмір.

Якість поверхонь деталей машин після механічної обробки і її значення

Реальна поверхня утворюється в процесі обробки деталі і на відміну від номінальної поверхні, зображеної на кресленні, має нерівності різної форми і висоти. В процесі механічної обробки від дії ріжучого інструменту на поверхні деталі залишаються гребінці і впадини, структура поверхні змінюється - в результаті пластичних деформацій виникають внутрішні напруги, утворюється наклеп, твердість поверхні підвищується. Степінь наклепу металу і глибина проникнень пластичних деформацій залежать від методу обробки і режиму різання. При підвищенні подачі і глибини різання товщина наклепаного шару збільшується, при підвищенні швидкості різання - зменшується.

По геометричним признакам відрізняють наступні відхилення форми оброблених поверхонь:

Макрогеометрія – розглядається на великих ділянках реальної поверхні і характеризує точність виготовлення деталі, а точніше – відхиленнями реальної поверхні від правильної геометричної форми (овальність, конусність, бочкоподібність) в межах габаритних розмірів цієї поверхні. Основна причина їх виникнення - неточності обробки.

Хвилястість – наявність на поверхні періодично повторюваних і приблизно однакових хвилеподібних відхилень. Вона виникає при обробці внаслідок вібрації технологічної системи верстат – пристрій – інструмент – деталь, нерівномірності процесу різання, биття інструменту, нерівномірного його зношування або неправильної заточки чи правки. Характерна для поверхонь значних розмірів при обробці струганням, фрезеруванням, точінням, шліфуванням.

Мікрогеометрія (мікронерівності) поверхні або її шорсткість обумовлена наявністю невеличких гребінців і впадин. Величина мікронерівностей характеризує чистоту обробленої поверхні, яка може бути хвилястою і в той же час грубою, чи гладенькою, так же як і рівна поверхня може бути шорсткою або чистою. Мікрогеометрія оцінюється на невеличких ділянках реальної поверхні з довжиною сторони квадрату від 10 мкм до 1 мм.

Відхилення форми поверхонь умовно відрізняють в залежності від відношення шагу S до висоти H нерівностей: при $S:H \geq 1000$ - відхилення форми, при $S:H = 50 \div 1000$ - хвилястість поверхні, а при $S:H < 50$ - шорсткість поверхні.

Основні фактори, від яких залежить якість обробки поверхонь - це:

- а) рід і властивості матеріалу, що обробляється;
- б) спосіб обробки (точіння, фрезерування, шліфування);
- в) режим різання (швидкість, подача, глибина);
- г) жорсткість системи верстат – пристрій – інструмент – деталь;
- д) геометричні параметри інструменту і його матеріал.

Параметри і умови роботи сучасних машин висувають високі вимоги до якості поверхонь, що сполучаються. Сюди відносяться:

- а) швидкохідність машин;
- б) високі питомі навантаження при постійній тенденції зменшення ваги;
- в) високий тиск і температура;
- г) вимоги до довговічності і надійності роботи машини;
- д) висока точність роботи окремих механізмів і всієї машини.

Якість поверхонь здійснює значний вплив на експлуатаційні властивості деталей.

Так, зносостійкість деталей, окрім інших факторів, в значній мірі залежить від якості їх поверхонь. На зношування поверхонь впливають макронерівності, хвилястість і мікронерівності. При макронерівностях і хвилястості зношування поверхонь нерівномірне. При мікронерівностях у першу чергу деформуються і зношуються гребінці. Шар мастила утримується на поверхні до тих пір, поки питомий тиск не перевершить певного значення. Оскільки поверхні тертя контактують в окремих виступаючих точках, то змазка в цих точках видавлюється і виникає сухе тертя.

Залежність зношування від часу роботи при терті описується законом Антона: спочатку за досить короткий період часу приробки протікає процес стирання виступаючих нерівностей, тобто протікає початковий період зношування - приробка поверхонь. Потім зношування протікає повільно, і цей час визначає період служби сполучення. Подовженість періодів приробки поверхонь і строку служби різняться в залежності від матеріалу пари тертя, умов його експлуатації, але однозначно залежать від якості обробки поверхонь. Величина початкового зношування поверхонь за короткий час приробки зазвичай значно більша зношування за увесь строк служби сполучення. Отже при значній шорсткості зазори в сполученні швидко збільшуються і до кінця приробки можуть досягати граничних для роботи вузла значень, внаслідок чого подальший строк служби значно скорочується. Підвищення якості поверхонь тертя подовжує надійність і строк служби машин.

Якість нерухомих сполучень. Для отримання міцного нерухомого сполучення двох деталей необхідно, щоб шорсткість їхніх поверхонь була як можна меншою. При запресовуванні гребінці зминаються і розміри з'єднаних поверхонь змінюються - отвір

збільшується, а вал - зменшується. Натяг у сполученні отримують інший, ніж сподівались, оскільки для розрахунків приймали розміри, поміряні по вершинам гребінців. При чистих поверхнях деталей, коли висота гребінців мала, надійність і якість нерухомих посадок збільшується. При повторних запресовуваннях гребінці згладжуються, натяг зменшується і сполучення стає слабшим.

Міцність деталей. Якість поверхонь в значній мірі впливає на контактну жорсткість, вібростійкість і особливо на міцність деталей, працюючих при змінних навантаженнях. Концентрація напружень, які визивають руйнацію деталі, виникає внаслідок нерівностей поверхонь деталі.

Висока чистота поверхні, яку отримують внаслідок чистової обробки, значно підвищує міцність проти стомлення, так як чим менші мікронерівності, тим менша можливість виникнення тріщин від стомлення металу.

Опір корозії. Корозія поверхонь металів визивається дією газів, рідин, атмосферним впливом. Чим більша шорсткість поверхонь, тим більша їх площа, тим більша сорбція речовин, які визивають корозію (згадаємо капілярну конденсацію). Ці речовини осаджуються в поглибленнях і впадинах, корозія поглиблюється в глибину металу, виникають нові зародки корозії і руйнування. Антикорозійна стійкість металів значно зростає з підвищенням чистоти їх поверхонь.

Експлуатаційні характеристики. Вимоги високої чистоти визначаються інколи особливими умовами роботи деталей в машинах (лопатки турбін, коліс насосів) або приладів і вимірювальних інструментів, особливими вимогами до щільності і герметичності сполучень, міцності зчеплення різних покриттів при декоративнім оздобленні поверхонь деталей тощо. Так, при надмірній шорсткості поверхонь валів, плунжерів, штоків і т.д. швидко виходять з ладу ущільнення, що з ними контактують.

Критерії і класифікація шорсткості поверхонь

Шорсткість поверхні після механічної обробки - це понад усе геометричний слід ріжучого інструменту, який змінюється внаслідок пластичної та пружної деформації та супутнього процесу різання деформації технологічної системи.

Шорсткість поверхні визначають за її профілем, який утворюється в перетині цієї поверхні плоскістю, перпендикулярною до номінальної поверхні. При цьому профіль розглядається на довжині *базової лінії*, щодо якої визначаються і оцінюються параметри шорсткості поверхні. При стандартизації шорсткості поверхонь в основу прийнято систему "М", в якій в якості базової лінії служить середня лінія профілю, тобто лінія, що має форму номінального профілю і проведена так, що в межах базової довжини середнє квадратичне відхилення профілю від цієї лінії мінімальне.

Стандартом встановлено шість параметрів шорсткості поверхні: R_a , R_z , R_{max} , S_m , S_t і t_p .

Середнє арифметичне відхилення профілю R_a визначається із абсолютних значень відхилень профілю H в межах базової тривалості l :

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |H(x)| dx = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |H_i| \quad (1)$$

де відхилення профілю H_i визначають відстанню між точкою та базовою лінією, виміряні за нормаллю до середньої лінії; n - число вібраних для вимірювання точок у межах базової довжини.

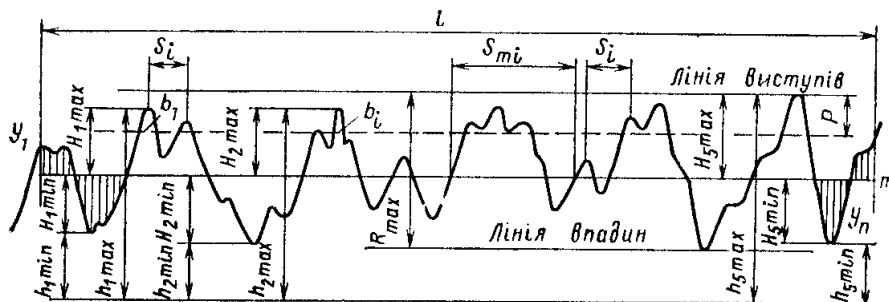


Рис.1 - Мікропрофіль поверхні

Висота нерівностей по десяти точках визначається сумою середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та п'яти найбільших западин у межах базової довжини:

$$R_z = \frac{1}{5} \frac{\sum |H_g| + \sum |H_n|}{1} = \frac{(H_1 + H_3 + H_5 + H_7 + H_9) - (H_2 + H_4 + \dots + H_{10})}{5} \quad (2)$$

Найбільша висота нерівностей профілю R_{max} - відстань між лінією виступів і лінією западин профілю в межах базової довжини.

Відрізок середньої лінії профілю, в якому розміщена нерівність профілю, називається кроком нерівностей профілю. Середній крок нерівностей профілю S_m - це середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини.

Середній крок нерівностей по вершинах - середнє значення кроку виступів профілю S у межах базової довжини.

Опорна довжина профілю η - сума довжин відрізків b_i , які відсікаються на виступах у матеріалі профілю лінією, еквідистантною (рівновіддаленою) середньої лінії в межах базової довжини:

$$\eta = \sum b_i \quad (3)$$

Лінія, рівновіддалена від середньої лінії проводиться на відстані від верхньої лінії виступів. Розмір p задається у відсотках до R_{max} .

Для порівняння розмірів опорних поверхонь, які оброблені різними методами, зручно користуватися поняттям відносної опорної довжини профілю t_p , яка визначається відношенням опорної довжини профілю до базової довжини:

$$t_p = \eta / L \quad (4)$$

Стандартом регламентовані наступні інтервали числових значень параметрів шорсткості поверхонь: $L = 0,01 - 25$ мм, $R_a = 0,008 - 100$ мкм, $R_{max} = R_z = 0,025 - 1600$ мкм, S і $S_m = 0,002 - 12,5$ мм, $t_p = 10 - 90\%$ при $p = 5 - 90\%$ від R_{max} .

При необхідності встановлюють вимоги до напрямку нерівностей поверхонь: паралельне, перпендикулярне, кругоподібне, радіальне, будь-яке.

Вимоги до шорсткості встановлюються за одним або кількома параметрами указуванням їх числових значень (найбільшого, номінального або діапазону значень) та значень базової тривалості на якій визначаються параметри.

Для грубих і дуже чистих поверхонь основною є шкала R_z , а для середньої і малої шорсткості - шкала R_a . Числові значення параметрів шорсткості наведені у таблиці 2.

Таблиця 2


Переважні (виділені шрифтом) числові значення параметрів шорсткості

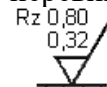
Клас шорсткості	Номінальні значення R_a , мкм	Діапазон значень, мкм		Базова Довжина L , мм
		R_a	R_z	
1	50	80 - 40	320 - 160	8
2	25	40 - 20	160 - 80	
3	12,5	20-10	80-40	
4	6,3	10-5	40-20	2,5
5	3,2	5-2,5	20-10	
6	1,6	2,5-1,25	10-6,3	0,8
7	0,8	1,25-0,63	6,3-3,2	
8	0,4	3,2-0,63	3,2-1,6	
9	0,2	0,32-0,16	1,6-0,8	0,25
10	0,1	0,16-0,08	0,8-0,4	
11	0,05	0,08-0,04	0,4-0,2	


12	0,025	0,04-0,02	0,2-0,1	
13	0,012	0,02-0,016	0,1-0,05	0,08
14	0,06		0,05-0,025	


Шорсткість поверхонь означають на кресленнях для всіх поверхонь виробу, які виконуються за даним кресленням, незалежно від методів їх обробки, крім поверхонь, шорсткість яких не обумовлена вимогами конструкції. Умовне зображення шорсткості на кресленнях показують згідно з ГОСТ 2.309 -73. Числові значення параметрів шорсткості, які нормують вимоги до шорсткості поверхонь, вказуються на кресленнях одним із умовних графічних знаків після відповідного символу (R_z , R_{max}), крім значень параметра R_a , що проставляється без символу.

За наявності в означенні шорсткості тільки значення параметра використовують знак без поліці.

 - знак використовується найчастіше, він вказує, що параметр R_a не повинен перевищувати 0,4 мкм, метод утворення поверхні конструктором не встановлюється.

 - шорсткість поверхні після відділення з неї шару матеріалу обробкою різанням (точіння, фрезерування, полірування, хімічне травлення тощо), параметр повинен знаходитися в межах 0,32-0,80 мкм;

 - знак показує, що поверхня утворена без зняття стружки (кування, штампування, волочіння тощо) та її шорсткість не повинна перевищувати 1,6 мкм;

 - знак показує, що поверхня з даного креслення не обробляється.

Базову довжину вказують під поліцею, де за необхідності також вказують умовне зображення напрямку нерівностей. У разі коли вимоги до шорсткості поверхонь нормуються кількома параметрами - їх вказують над поліцею (рис.2):

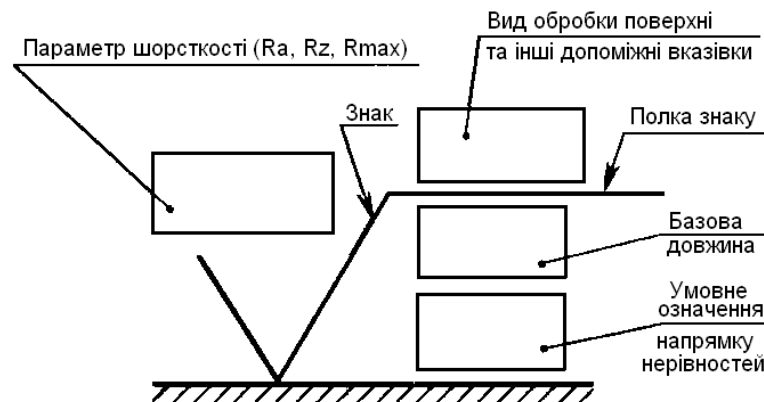


Рис.2. Структура умовного визначення шорсткості поверхні

У довідниках наведені рекомендації щодо вибору числових значень для найбільш характерних видів сполучення, частина яких наведена у таблиці.3.

Таблиця 3

. Характерні значення шорсткості для типових поверхонь

Характеристика поверхні	Значення R_a , мкм
Неробочі контури деталей, підшви станин, кромки під зварні шви	R_z 320-80
Відкрий на прохід кріпильних деталей, проточування	R_z 80-40
Торці валів, муфт, втулок, радіуси округлень	R_z 40-10

Посадочні шийки валів під зубчасті колеса	2-1
Поверхні деталей у посадках з натягом	1,6-0,8
Спідниці поршнів насосів, компресорів і ДВЗ, поверхні витків черв'яків	0,8-0,63
Опор під підшипники кочення та ковзання	0,4-0,8
Корінних та шатунних шийок колінчатих валів, пальців поршнів.	0,32-0,25
Поверхні валів під ущільнення	0,4-0,2
Плунжерна пара	0,04 – 0,08

Якщо відсутні рекомендації щодо призначення шорсткості поверхні, то обмеження шорсткості повинні бути пов'язані з допуском розміру (IT), форми (TF) або розташування (TP). Геометричні відхилення деталі повинні перебувати в межах поля допуску розміру. Тому величину параметра Rz рекомендується назначати не більше 0,33 від величини поля допуску на розмір або 0,5-0,4 від допуску розташування або форми. Перехід від параметра Rz до параметра Ra виконується за співвідношенням:

$$Ra = 0,25 Rz \text{ при } Rz \geq 8 \text{ мкм}; Ra = 0,2 Rz \text{ при } Rz < 8 \text{ мкм}.$$

Після визначення параметра Ra округляють до найближчого меншого числа з ряду стандартних значень.

Приклад: На кресленні деталі завдань розмір $\varnothing 42 \text{ k6}^{+0,018+}_{0,002}$. Визначити параметр шорсткості Ra.

Рішення:

Допуск розміру IT = 16 мкм. Параметр Rz = 0,33 IT = 0,33 16 = 5,3 мкм. Параметр Ra = 0,2 Rz = 0,2 · 5,3 = 1,06 мкм. Для нанесення на кресленні деталі приймаємо найближче менше із переважних значень шорсткості - Ra = 1,0 мкм.

Способи оцінки шорсткості поверхонь

Шорсткість поверхонь оцінюють шляхом вимірювання мікронерівностей. Ці вимірювання здійснюються за допомогою вимірювальних приладів і повинні проводитися в напрямку, яке дає найбільше значення R_a чи R_z , якщо тільки в технічних умовах на даний виріб не визначено напрямок вимірювання шорсткості. При вимірюванні шорсткості різні дефекти поверхонь (царапини, раковини тощо) не враховуються.

Для вимірювань використовують в основному профілометри, профілографи та оптичні прилади, а також оцінку шорсткості шляхом порівняння з еталонами чистоти.

Принцип роботи профілометрів підстав для вимірювання мікронерівностей поверхонь шляхом їх оцупування алмазною голкою. При переміщенні іголки по поверхні обробленої деталі наявність нерівностей призводить до коливань іголки впродовж своєї вісі, що реєструє електричний пристрій зі спеціальними датчиками, за допомогою яких автоматично визначається величина середньо квадратичного відхилення від середньої лінії профілю поверхні. Вказані прилади використовують для оцінки шорсткості поверхонь з висотою мікронерівностей не більше 12 мкм та не менше 0,03 мкм. Такими приладами користуються у цехових та лабораторних умовах (5-12 класи).

Профілографи є оптико-механічними приладами. Вони також засновані на принципі оцупування поверхні алмазною голкою. За допомогою оптичного устрою профіль поверхні записується на спеціальній стрічці у збільшеному масштабі, де збільшення у вертикальному напрямку набагато більше, ніж у горизонтальному. Діапазон вимірювань – від 40 до 0,04 мкм (3-12 класи).

З оптичних приладів найбільше використання знайшли підвійний мікроскоп та мікроінтерферометр академіка В.П. Лінник.

Подвійний мікроскоп основ на використанні методу "світлового перерізу"; за його допомогою визначають середню висоту мікронерівностей у межах 3-70 мкм (2-5 класи). Використання мікроінтерферометра для вимірювань нерівностей засноване на явищі інтерференції світла, яке можна зафіксувати за допомогою спеціального устрою. Мікро

інтерферометри використовують у лабораторних умовах для оцінки найбільш чистих поверхонь з висотою нерівностей у межах 0,2-2 мкм. Поле зору у цих приладів дуже мало – до 0,5 мм².

У виробничих умовах набагато зручніше шорсткість оброблених поверхонь оцінювати шляхом їх порівняння з еталонами чистоти, які являють собою плоскі, або циліндричні зразки, виготовлені з різних матеріалів (сталь, латунь) та оброблених із заданою шорсткістю. Набори зразків – еталонів виготовляють для різних видів механічної обробки – точіння, фрезерування, шліфування тощо.

Візуальну оцінку шорсткості поверхонь, оброблених викінчувальними методами, при порівнянні зі зразками необхідно проводити за допомогою лупи не менше ніж із п'ятикратним збільшенням. Порівняння з еталоном може бути більш точним при використанні порівняльного мікроскопа, який дозволяє одночасно розглядати поверхні еталону та деталі.

Точність і якість у машинобудуванні

1 Поняття про точність, економічна і досяжна точність

Проектування ТП виготовлення виробу обов'язково повинно враховувати вимоги як до точності виготовлення деталей, так і до точності складання вузлів і машин.

Точність – основна характеристика деталей, машин чи приладів. Абсолютно точно виготовити деталь неможливо, так як при її обробці виникають різноманітні погрішності. Тому точність обробки деталей залежить від багатьох факторів і буває різною.

Трудомісткість і собівартість обробки деталей в значній мірі залежить від точності і вони суттєво зростають з підвищенням вимог до точності виробів. Оскільки точність обробки у виробничих умовах залежить від багатьох факторів, обробку зазвичай проводять не з досяжною, а з економічною точністю.

Під досяжною точністю розуміють таку точність, яку можливо досягнути при обробці в особливих, найбільш сприятливих і незвичайних для даного виробництва умовах, висококваліфікованими виконавцями, не зважаючи на затрати часу і собівартість обробки.

Економічна точність досягається при мінімальній собівартості, в нормальних виробничих умовах, які передбачають роботу на справних верстатах з використанням необхідного оснащення і інструментів при нормальній затраті часу і нормальній кваліфікації виконавців.

У масовому і крупносерійному виробництві при виготовленні взаємозамінних деталей необхідна точність забезпечується відповідним налагодженням верстатів. В малосерійному і одиничному виробництвах висока точність досягається за допомогою допоміжних викінчувальних операцій і за рахунок використання виконавців високої кваліфікації.

2 Класифікація поверхонь деталей, параметри їх якості і методи досягнення

Без чіткого уявлення про поверхні деталі, яка підлягає обробці, параметрах якості, які визначають її призначення, шляхи і методи вирішення задач технологічного проектування, неможливо грамотно і обґрунтовано спроектувати ТП виготовлення деталі.

Класифікація поверхонь деталей за призначенням дає можливість обґрунтовано задати вимоги до точності, шорсткості, твердості, зносостійкості та іншим параметрам якості. За призначенням поверхні деталей розділяють на:

- виконавчі поверхні (вони можуть між собою сполучатись, або не сполучатись) - це поверхні або їх сполучення за допомогою яких деталь виконує своє службове призначення (шийка валу, поверхні зубів, кромки ножів, бігові доріжки підшипників тощо);

- вільні поверхні – вони не контактують з поверхнями других деталей під час роботи, але вони пов'язують виконавчі поверхні деталі для придання їй форми, яка відповідає службовому призначенню деталі.

До виконавчих поверхонь завжди висовуються високі вимоги до якості, досягнення яких вимагає найбільш складного і довгого маршруту обробки. До вільних поверхонь особливих вимог зазвичай не висувається, вимоги до точності їх взаємного розташування також невисокі.

Класифікація поверхонь за формою дозволяє технологам обґрунтувати метод її обробки. Згідно з цією класифікацією поверхні поділяють на типові і нормалізовані. Типовими

поверхнями являються плоскі, поверхні обертання, гвинтові, зубчасті, нелінійні поверхні. Форма поверхні визначає вид утворюючої і закон її переміщення у просторі.

До нормалізованих відносяться поверхні, утворені сполученнями типових поверхонь – канавок, пазів, шліців, виточок тощо. Кожному класу поверхонь властивий набір методів обробки.

Параметри поверхонь:

- 1) - форма: циліндрична, конічна, сферична, зубчаста, плоска, фасонна, різьбова;
- 2) – розмір: діаметр, довжина, ширина, товщина, глибина;...
- 3) – точність: квалітети розмірів (19 квалітетів по ISO), допуски форми і розташування;
- 4) – параметри шорсткості: R_z , R_a , S , t ;...
- 5) – фізико-механічні властивості: твердість, зносостійкість, залишкові напруження
- 6) – вид термічної чи хіміко-термічної обробки, вид покриття (Cr, Zn, Cd, N, Si і т.д.), вид наплавленого матеріалу тощо.

У загальному виді ТП виготовлення деталі повинен забезпечити вирішення трьох груп задач:

- 1) – забезпечити необхідну якість обробки поверхонь;
- 2) – забезпечити необхідну точність їх розмірів;
- 3) - забезпечити необхідну точність їх взаємного розташування і форми, а також їх точність відносно тих поверхонь, що залишаються необробленими.

При цьому задачею обробки являється досягнення технологічними засобами числових значень параметрів якості і їхніх зв'язків у межах відхилень, які допускає службове призначення деталі.

Параметри якості – це розмір, відхилення розміру, шорсткість, твердість, не співвісність, дисбаланс, ексцентриситет тощо. Зв'язки між поверхнями здійснюються через їх лінійні і кутові розміри. Набір різнойменних параметрів, які характеризують поверхню і є комплект параметрів якості. Наприклад, для шийки вала – це діаметр, відхилення його розміру, овальність, конусність, биття, шорсткість і твердість його поверхні.

Основною ознакою, яка об'єднує параметри якості в комплекти – це їх одночасне досягнення за рахунок певних технологічних дій. Не можливо по черзі вирішувати задачі забезпечення точності, потім шорсткості, потім погрішності форми тощо. Усі ці параметри досягаються використанням певних методів обробки (у тому числі і забезпечення заданої твердості).

Власне вимоги до точності і якості поверхонь деталей і визначають сам ТП їхньої обробки. Досвід роботи машинобудівних підприємств показав доцільність розділення ТП виготовлення деталей на стадії:

- чорнову обробку;
- чистову обробку;
- завершальну обробку або оздоблення.

3 Розміри, відхилення розмірів, допуски, квалітети точності

Для оцінки відхилення розмірів, форми та розташування поверхонь використовують наступні поняття:

Реальна поверхня – поверхня, яка обмежує деталь і відокремлює її від навколишнього середовища;

Номінальна поверхня – ідеальна поверхня, номінальна форма та розміри якої задані кресленням або іншою технічною документацією. Її розміри визначаються конструктивними розрахунками, розрахунками на міцність, жорсткість. Від цих розмірів визначаються дійсні відхилення розмірів.

Розмір – числове значення лінійної чи кутової величини у вибраних одиницях вимірювання.

Дійсний розмір – розмір, який встановлено вимірюванням з допустимою погрішністю.

Номінальний - розмір, завдань кресленням. Відносно до нього визначаються відхилення розміру. Зі збільшенням точності вимірювання дійсний розмір наближається до істинного розміру.

Відхилення розміру – алгебраїчна різниця між розміром та його номінальним значенням.

Верхнє і нижнє граничні відхилення - алгебраїчна різниця між відповідно найбільшим або найменшим граничним розміром та номінальним.

Допуск (Т) – абсолютна величина алгебраїчної різності між верхнім та нижнім граничними відхиленнями, вони бувають симетричними та несиметричними, плюсовими та мінусовими.

Зазор - різниця розмірів відвернення і валу, коли розмір відвернення більший за розмір валу.

Натяг - така ж різниця, але розмір відвернення менший, ніж розмір валу.

Посадка - характер з'єднання деталей, що визначається величинами зазорів чи натягів.

Посадки з зазором передбачають зазор у з'єднанні, посадки з натягом – коли розмір відверстия менший за розмір валу (поле допуску відвернення розташоване нижче поля допуску валу). Перехідні посадки – посадки при яких можливе отримання як зазорів, так і натягів у з'єднаннях.

Відхилення форми – відхилення реальної поверхні (або профілю) від номінальної поверхні (профілю) оцінюють по найбільшій відстані від точок реальної поверхні за нормаллю до неї.

Величина допуску (поле допуску) характеризує степінь точності виготовлення деталі. Точність є однією з найважливіших характеристик деталі і взагалі будь-якого виробу. Щоб можна було виконувати обробку деталей з різною точністю до 1973р. було встановлено десять класів точності, вони мали власні назва та порядкові номери, перший клас був самим точним. Далі, у зв'язку зі зростанням вимог до точності, перейшли на міжнародну систему допусків та посадок ISA, з'явилося поняття квалітет допуску до розміру.

Квалітет – сукупність допусків, що відповідають однаковій точності для всіх номінальних розмірів. Квалітет характеризується числом одиниць допуску, він відображає точність технологічного процесу виготовлення виробу.

Одиниця допуску – множник у формулі допусків системи, залежить від розміру D і для розмірів до 500 мм.

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_i} + 0,001 \cdot D_i \quad (1)$$

Для розмірів більших 500 мм

$$i = 0,5 \cdot \sqrt[3]{D}, \text{ мкм} \quad (2)$$

де $D_i = \sqrt{D_{i \min} \cdot D_{i \max}}$, мм - середнє геометричне крайніх розмірів $D_{i \min}$ і $D_{i \max}$ інтервалу, до якого входить розмір, що розглядається.

Одиниця допуску є мірою точності, оскільки допуск T_d (Tolerance) отримують множенням одиниці допуску на їх число:

$$T_d = i \cdot a \quad (3)$$

де a – число одиниць допуску є рядом геометричної прогресії зі знаменником (R5) $= \phi = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$. Таким чином число одиниць допуску $a = \phi^{N-1}$ де N – номер квалітету. Звідси і співвідношення між квалітетом і допуском (числом одиниць допуску):

Квалітети	01	0	1	5	6	7	8	9	10	11	12	16	18
Число одиниць	0,4	0,7	1	7	10	16	25	40	64	100	160	1000	2500

Загалом можна вказати на наступне застосування квалітетів:

Самі точні квалітети використовують для виготовлення зразкових мір, калібрів, деталей типу ділільних коліс і дисків, еталонів, вимірювальних гвинтів, робочих шийок валів прецизійних механізмів, шкал з оптичним відліком, дзеркальних валиків координатних станків тощо.

Квалітети 4 і 5 застосовуються порівняно рідко, в особливо точних з'єднаннях, що вимагають високої однорідності зазору або натягу (приладові підшипники в корпусах та на валах, високоточні зубчасті колеса на валах та оправках у вимірювальних приладах).

Квалітети 6 і 7 застосовуються для відповідальних з'єднань у механізмах, де до посадок пред'являються високі вимоги щодо визначеності зазорів і натягів для забезпечення точності переміщень, плавного ходу, герметичності з'єднання, механічної міцності деталей, що з'єднуються, а також для забезпечення точного складання деталей.

Квалітети 8 і 9 застосовуються для посадок при відносно менших вимогах до однорідності зазорів або натягів і для посадок, що забезпечують середню точність складання.

Квалітет 10 застосовується в посадках із зазором і в тих же випадках, що й 9, якщо умови експлуатації допускають деяке збільшення коливання зазорів у з'єднаннях.

Квалітети 11, 12 застосовуються в з'єднаннях, де необхідні більші зазори та припустимі їх значні коливання (грубе складання). Ці квалітети поширені у невідповідальних з'єднаннях машин (кришки, фланці, дистанційні кільця тощо).

Таким чином, квалітети 5-12 використовують для деталей, що працюють у сполученнях, а квалітети з 13 по 18 – для вільних поверхонь деталей, які не сполучаються.

Діапазон розмірів 1 – 500 мм розбито на тринадцять інтервалів і для них при заданих значеннях квалітетів у довідниках наведено значення допусків у мікрометрах (мікронах).

Допуск можна легко підрахувати, наприклад, симетричний допуск для $D=64$, у якого одиниця допуску $i = 0,5 (64)^{0,33} = 2$ мкм, для наступних квалітетів на складі:

Означення допуску	IT1	IT6	IT8	IT11	IT16
Число одиниць допуску a	1	10	25	100	1000
Допуск T_d , мкм	2	20	50	200	2000
Значення розміру, мм при симетричному допуску	$\varnothing 64 \pm_{0,001}$	$\varnothing 64 \pm_{0,01}$	$\varnothing 64 \pm_{0,025}$	$\varnothing 64 \pm_{0,1}$	$\varnothing 64 \pm_1$

Але навіть такого різноманіття регламентованих допусків недостатньо для того, щоб задати потрібну точність на кресленнях. Необхідно знати положення поля допуску щодо нульової лінії. Цій задачі слугує поняття **основне відхилення** – це відстань найближчої межі поля допуску до нульової лінії.

Всі розміри в системі допусків на типові з'єднання деталей виробів розділяються на ті що охоплюють – розміри, які в результаті обробки збільшуються (**відчини**) і охоплюються вимірювальними засобами при вимірюваннях (**вали**) - розміри яких при обробці зменшуються.

Для діапазону розмірів до 500мм стандартом передбачено 27 варіантів основних відхилень, які означаються латинськими літерами, великими для отворів, строкковими – для валів. Граничні відхилення розмірів регламентовані для отворів та валів і представлені у ГОСТ 25347-82.

Держстандартом передбачені загальні правила нанесення на кресленнях граничних відхилень лінійних та кутових розмірів. Вони вказуються після номінального розміру умовними означеннями полів допусків і посадок відповідно до стандартів на допуски і посадки, або числовими величинами. Умовним зображенням завдяки простоті і наочності віддають перевагу, наприклад, H7, H9, G6, або в системі валу - g6, h6, js 6, k7.

Характер з'єднання двох вставлених одна в одній деталей визначається посадкою. Посадки можуть бути рухомими та нерухомими, рухомі посадки – це посадки із зазором, нерухомі – посадки з натягом. Тип посадки можна отримати шляхом зміни розмірів валу (його граничних відхилень), або шляхом зміни розмірів відвернення.

Якщо граничні розміри відвернення для заданого квалітету незмінні, а необхідні посадки досягаються зміною граничних відхилень валу – використовується система відвернення, при цьому основне відхилення відвернення (для H) приймають рівним нулю. Якщо зберігають граничні відхилення валу для одного квалітету, а змінюють граничні відхилення розмірів відвернення для забезпечення необхідної посадки - це система валу.

Ми розглядали приклад з лінійним розміром 64 мм в якому одиниця допуску $i = 2$ мкм, а допуск залежить від квалітету. Так, для IT6 з числом одиниць допуску $a = 10$, допуск $T_d = 20$ мкм = 0,02 мм. Основні відхилення в системі відвернення зменшуються в алфавітному порядку, наприклад:

$\varnothing 64G6$ або $\varnothing 64G6^{0,03}_{0,01}$, або $\varnothing 64^{0,03}_{0,01}$ - основне відхилення (нижнє) щодо нульової лінії 0,01 мм, допуск $T_d = 0,02$ мм.

$\varnothing 64H6$ або $\varnothing 64H6^{0,02}$ або $\varnothing 64^{0,02}$ - основне відхилення - нуль, допуск тієї самої.

$\varnothing 64Js6$ або $\varnothing 64Js6 \pm 0,01$ або $\varnothing 64 \pm 0,01$ - основне відхилення симетричне.

У системі валу основні відхилення в алфавітному порядку зростають:

$\varnothing 64g6$ або $\varnothing 64g6^{-0,01}_{-0,03}$ або $\varnothing 64^{-0,01}_{-0,03}$ - допуск мінусовий, основне відхилення -0,01 мм.

$\varnothing 64h6$, або $\varnothing 64h6_{-0,02}$ або $\varnothing 64h_{0,02}$ - основне відхилення - нульове.

$\varnothing 64js6$, або $\varnothing 64js6 \pm 0,01$, або $\varnothing 64 \pm 0,01$ – симетричні допуски та відхилення.

У ряді випадків необхідно вказувати числові величини – це відноситься до розмірів у системі валу, розмірів для підшипників, шпонок тощо, а також для розмірів, які не включені до ряду нормальних лінійних розмірів. Числові величини виражають у вигляді десятинного дробу і записують до значної цифри включно, вирівнюючи кількість знаків нулями.

Таким чином, розмір 50H7 може бути проставленим тільки на діаметрі відвернення і означає, що він виконаний по сьомому квалітету для будь-якої посадки.

Можна з'єднувати деталі з будь-якими полями допусків, що розширює кількість можливих варіантів. Вибір системи відвернення чи валу залежить від умов, що історично склалися в конкретній галузі техніки. Все ж таки переважно використання набула система відвернення (H), завдяки цьому скорочується асортимент щодо дорогого інструменту для обробки відвернень – свердлів, зенкерів, розгорток, протяжок, мітчиків тощо, тоді як вали обробляються з необхідною точністю на токарних, фрезерних та шліфувальних станках без заміни різу інструмент.

На кресленнях складальних одиниць граничні відхилення розмірів у сполученнях (посадку) вказують у виді дробу - у чисельнику проставляють відхилення відвернення, у знаменнику - відхилення валу, наприклад посадка $\varnothing 40H8/d8$, замість умовних позначень можуть поставлятися числові величини – $\varnothing 40^{+0,03}_{-0,10}$. Обидва варіанти означають, що розміри відвернення $D 40^{0,05}$, вала - $d 40^{-0,03}_{-0,10}$ мм.

4 Відхилення форми і розташування поверхонь

Форма деталі, що обробляється завжди має деякі відхилення від правильної геометричної форми, заданої кресленням. Відхилення форми: відхилення від площини, не прямолінійність, не циліндричність, не круглість. Допустиму величину таких відхилень вказують на кресленнях надписами в технічних вимогах, наприклад «овальність шийки $d25H7$ не більше 0,02 мм».

Але більш доцільно її показувати умовними знаками на кресленнях. Дані про граничні відхилення форми і розташування поверхонь вказують в рамці де поміщають: а) знак відхилення, б) величину відхилення в мм, в) базу, до якої відноситься відхилення.

Таблиця .1.

Умовні означення допусків форми і розташування поверхонь на кресленнях

Група допусків	Вид допуску	Означення
Допуски форми	Допуск на прямолінійність	—
	Допуск на площину	▭
	Допуск на круглість	○
	Допуск на циліндричність	⊠
	Допуск на профіль подовжнього перетину	=
Допуски	Допуск на паралельність	//

розташування	Допуск на перпендикулярність	\perp
	Допуск на наклони	\sphericalangle
	Допуск на співвісність	\odot
	Допуск на симетричність	\equiv
	Позиційний допуск	\oplus
	Допуск на перехрещування осей	\times
	Допуск на радіальне, торцеве биття, на биття в заданім напрямку	$/$
Сумарні допуски	Допуск на повне радіальне и торцеве биття	\llcorner
	Допуск на форму заданої поверхні	\frown

Відхилення розташування поверхонь: непаралельність, не перпендикулярність, не співвісність, биття торцеве чи радіальне, несиметричність, відхилення від пересічення осей. Ці відхилення також вказують в рамці і відносять до всієї довжини поверхні, або указують її значення у виді дробі, наприклад $0,1/100$, тобто $0,1$ мм на довжині 100 мм.

Допуски розмірів, форм і розташування поверхонь в залежності від квалітетів допусків розмірів і рівнів геометричної точності регламентуються ДСТ 25346. При відсутності на кресленнях вказівок на допустимі відхилення форми і розташування поверхонь, ці відхилення обмежують полем допуску на розмір.

5 Якість поверхонь деталей машин після механічної обробки і її значення

Реальна поверхня утворюється в процесі обробки деталі і на відміну від номінальної поверхні, зображеної на кресленні, має нерівності різної форми і висоти. В процесі механічної обробки від дії ріжучого інструменту на поверхні деталі залишаються гребінці і впадини, структура поверхні змінюється - в результаті пластичних деформацій виникають внутрішні напруги, утворюється наклеп, твердість поверхні підвищується. Степінь наклепу металу і глибина проникнень пластичних деформацій залежать від методу обробки і режиму різання. При підвищенні подачі і глибини різання товщина наклепаного шару збільшується, при підвищенні швидкості різання - зменшується.

По геометричним признакам відрізняють наступні відхилення форми оброблених поверхонь:

Макрогеометрія – розглядається на великих ділянках реальної поверхні і характеризує точність виготовлення деталі, а точніше – відхиленнями реальної поверхні від правильної геометричної форми (овальність, конусність, бочкоподібність) в межах габаритних розмірів цієї поверхні. Основна причина їх виникнення - неточності обробки.

Хвилястість – наявність на поверхні періодично повторюваних і приблизно однакових хвилеподібних відхилень. Вона виникає при обробці внаслідок вібрації технологічної системи верстат – пристрій – інструмент – деталь, нерівномірності процесу різання, биття інструменту, нерівномірного його зношування або неправильної заточки чи правки. Характерна для поверхонь значних розмірів при обробці струганням, фрезеруванням, точінням, шліфуванням.

Мікрогеометрія (мікронерівності) поверхні або її шорсткість обумовлена наявністю невеличких гребінців і впадин. Величина мікронерівностей характеризує чистоту обробленої поверхні, яка може бути хвилястою і в той же час грубою, чи гладенькою, так же як і рівна поверхня може бути шорсткою або чистою. Мікрогеометрія оцінюється на невеличких ділянках реальної поверхні з довжиною сторони квадрату від 10 мкм до 1 мм.

Відхилення форми поверхонь умовно відрізняють в залежності від відношення шагу S до висоти H нерівностей: при $S:H \geq 1000$ - відхилення форми, при $S:H = 50 \div 1000$ - хвилястість поверхні, а при $S:H < 50$ - шорсткість поверхні.

Основні фактори, від яких залежить якість обробки поверхонь - це:

- а) рід і властивості матеріалу, що обробляється;
- б) спосіб обробки (точіння, фрезерування, шліфування);
- в) режим різання (швидкість, подача, глибина);
- г) жорсткість системи верстат – пристрій – інструмент – деталь;
- д) геометричні параметри інструменту і його матеріал.

Параметри і умови роботи сучасних машин висувають високі вимоги до якості поверхонь, що сполучаються. Сюди відносяться:

- а) швидкохідність машин;
- б) високі питомі навантаження при постійній тенденції зменшення ваги;
- в) високий тиск і температура;
- г) вимоги до довговічності і надійності роботи машини;
- д) висока точність роботи окремих механізмів і всієї машини.

Якість поверхонь здійснює значний вплив на експлуатаційні властивості деталей.

Так, зносоустійкість деталей, окрім інших факторів, в значній мірі залежить від якості їх поверхонь. На зношування поверхонь впливають макронерівності, хвилястість і мікронерівності. При макронерівностях і хвилястості зношування поверхонь нерівномірне. При мікронерівностях у першу чергу деформуються і зношуються гребінці. Шар мастила утримується на поверхні до тих пір, поки питомий тиск не перевершить певного значення. Оскільки поверхні тертя контактують в окремих виступаючих точках, то змазка в цих точках видавлюється і виникає сухе тертя.

Залежність зношування від часу роботи при терті описується законом Антона: спочатку за досить короткий період часу приробки протікає процес стирання виступаючих нерівностей, тобто протікає початковий період зношування - приробка поверхонь. Потім зношування протікає повільно, і цей час визначає період служби сполучення. Подовженість періодів приробки поверхонь і строку служби різняться в залежності від матеріалу пари тертя, умов його експлуатації, але однозначно залежать від якості обробки поверхонь. Величина початкового зношування поверхонь за короткий час приробки зазвичай значно більша зношування за увесь строк служби сполучення. Отже при значній шорсткості зазори в сполученні швидко збільшуються і до кінця приробки можуть досягати граничних для роботи вузла значень, внаслідок чого подальший строк служби значно скорочується. Підвищення якості поверхонь тертя подовжує надійність і строк служби машин.

Якість нерухомих сполучень. Для отримання міцного нерухомого сполучення двох деталей необхідно, щоб шорсткість їхніх поверхонь була як можна меншою. При запресовуванні гребінці зминаються і розміри сполучаємих поверхонь змінюються - отвір збільшується, а вал - зменшується. Натяг у сполученні отримують інший, ніж сподівались, оскільки для розрахунків приймали розміри, поміряні по вершинам гребінців. При чистих поверхнях деталей, коли висота гребінців мала, надійність і якість нерухомих посадок збільшується. При повторних запресовуваннях гребінці згладжуються, натяг зменшується і сполучення стає слабшим.

Міцність деталей. Якість поверхонь в значній мірі впливає на контактну жорсткість, вібростійкість і особливо на міцність деталей, працюючих при змінних навантаженнях. Концентрація напружень, які визивають руйнацію деталі, виникає внаслідок нерівностей поверхонь деталі.

Висока чистота поверхні, яку отримують внаслідок чистої обробки, значно підвищує міцність проти стомлення, так як чим менші мікронерівності, тим менша можливість виникнення тріщин від стомлення металу.

Опір корозії. Корозія поверхонь металів визивається дією газів, рідин, атмосферним впливом. Чим більша шорсткість поверхонь, тим більша їх площа, тим більша сорбція речовин, які визивають корозію (згадаємо капілярну конденсацію). Ці речовини осаджуються в поглибленнях і впадинах, корозія поглиблюється в глибину металу, виникають нові зародки корозії і руйнування. Антикорозійна стійкість металів значно зростає з підвищенням чистоти їх поверхонь.

Експлуатаційні характеристики. Вимоги високої чистоти визначаються інколи особливими умовами роботи деталей в машинах (лопатки турбін, коліс насосів) або приладів

і вимірювальних інструментів, особливими вимогами до щільності і герметичності сполучень, міцності зчеплення різних покриттів при декоративнім оздобленні поверхонь деталей тощо. Так, при надмірній шорсткості поверхонь валів, плунжерів, штоків і т.д. швидко виходять з ладу ущільнення, що з ними контактують.

6 Критерії і класифікація шорсткості поверхонь

Шорсткість поверхні після механічної обробки - це понад усе геометричний слід ріжучого інструменту, який змінюється внаслідок пластичної та пружної деформації та супутнього процесу різання деформації технологічної системи.

Шорсткість поверхні визначають за її профілем, який утворюється в перетині цієї поверхні плоскістю, перпендикулярною до номінальної поверхні. При цьому профіль розглядається на довжині *базової лінії*, щодо якої визначаються і оцінюються параметри шорсткості поверхні. При стандартизації шорсткості поверхонь в основу прийнято систему "М", в якій в якості базової лінії служить середня лінія профілю, тобто лінія, що має форму номінального профілю і проведена так, що в межах базової довжини середнє квадратичне відхилення профілю від цієї лінії мінімальне.

Стандартом встановлено шість параметрів шорсткості поверхні: R_a , R_z , R_{max} , S_m , S_{itp} .

Середнє арифметичне відхилення профілю R_a визначається із абсолютних значень відхилень профілю H_i в межах базової тривалості l :

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |H(x)| dx = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |H_i| \quad (1)$$

де відхилення профілю H_i визначають відстанню між точкою та базовою лінією, виміряні за нормаллю до середньої лінії; n - число вібраних для вимірювання точок у межах базової довжини.

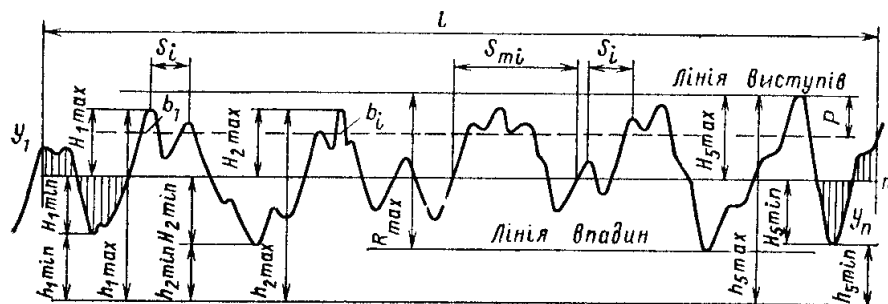


Рис.1 - Мікропрофіль поверхні

Висота нерівностей по десяти точках визначається сумою середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та п'яти найбільших западин у межах базової довжини:

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |H_{\theta}| + \sum_{i=1}^5 |H_H|}{5} = \frac{(H_1 + H_3 + H_5 + H_7 + H_9) - (H_2 + H_4 + \dots + H_{10})}{5} \quad (2)$$

Найбільша висота нерівностей профілю R_{max} - відстань між лінією виступів і лінією западин профілю в межах базової довжини.

Відрізок середньої лінії профілю, в якому розміщена нерівність профілю, називається кроком нерівностей профілю. Середній крок нерівностей профілю S_m - це середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини.

Середній крок нерівностей по вершинах - середнє значення кроку виступів профілю S у межах базової довжини.

Опорна довжина профілю η - сума довжин відрізків b_i , які відсікаються на виступах у матеріалі профілю лінією, еквідистантною (рівновіддаленою) середньої лінії в межах базової довжини:

$$\eta = \sum b_i \quad (3)$$

Лінія, рівновіддалена від середньої лінії проводиться на відстані від верхньої лінії виступів. Розмір r задається у відсотках до R_{max} .

Для порівняння розмірів опорних поверхонь, які оброблені різними методами, зручно користуватися поняттям *відносної опорної довжини профілю* t_p , яка визначається відношенням опорної довжини профілю до базової довжини:

$$t_p = \eta / L \quad (4)$$

Стандартом регламентовані наступні інтервали числових значень параметрів шорсткості поверхонь: $L = 0,01 - 25$ мм, $R_a = 0,008 - 100$ мкм, $R_{max} = R_z = 0,025 - 1600$ мкм, S і $S_m = 0,002 - 12,5$ мм, $t_p = 10 - 90\%$ при $p = 5 - 90\%$ від R_{max} .

При необхідності встановлюють вимоги до напрямку нерівностей поверхонь: паралельне, перпендикулярне, кругоподібне, радіальне, будь-яке.

Вимоги до шорсткості встановлюються за одним або кількома параметрами указуванням їх числових значень (найбільшого, номінального або діапазону значень) та значень базової тривалості на якій визначаються параметри.

Для грубих і дуже чистих поверхонь основною є шкала R_z , а для середньої і малої шорсткості - шкала R_a . Числові значення параметрів шорсткості наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 2

Переважні (**виділені шрифтом**) числові значення параметрів шорсткості

Клас шорсткості	Номінальні значення R_a , мкм	Діапазон значень, мкм		Базова Довжина L , мм
		R_a	R_z	
1	50	80 - 40	320 - 160	8
2	25	40 - 20	160 - 80	
3	12,5	20-10	80-40	
4	6,3	10-5	40-20	2,5
5	3,2	5-2,5	20-10	
6	1,6	2,5-1,25	10-6,3	0,8
7	0,8	1,25-0,63	6,3-3,2	
8	0,4	3,2-0,63	3,2-1,6	
9	0,2	0,32-0,16	1,6-0,8	0,25
10	0,1	0,16-0,08	0,8-0,4	
11	0,05	0,08-0,04	0,4-0,2	
12	0,025	0,04-0,02	0,2-0,1	
13	0,012	0,02-0,016	0,1-0,05	0,08
14	0,06		0,05-0,025	

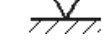
Шорсткість поверхонь означають на кресленнях для всіх поверхонь виробу, які виконуються за даним кресленням, незалежно від методів їх обробки, крім поверхонь, шорсткість яких не обумовлена вимогами конструкції. Умовне зображення шорсткості на кресленнях показують згідно з ГОСТ 2.309 -73. Числові значення параметрів шорсткості, які нормують вимоги до шорсткості поверхонь, вказуються на кресленнях одним із умовних графічних знаків після відповідного символу (R_z , R_{max}), крім значень параметра R_a , що проставляється без символу.

За наявності в означенні шорсткості тільки значення параметра використовують знак без поліці.




- знак використовується найчастіше, він вказує, що параметр R_a не повинен перевищувати 0,4 мкм, метод утворення поверхні конструктором не встановлюється.

Rz 0,80
0,32

 - шорсткість поверхні після відділення з неї шару матеріалу обробкою різанням (точіння, фрезерування, полірування, хімічне травлення тощо), параметр повинен знаходитися в межах 0,32-0,80 мкм;

1,6

 - знак показує, що поверхня утворена без зняття стружки (кування, штампування, волочіння тощо) та її шорсткість не повинна перевищувати 1,6 мкм;



- знак показує, що поверхня з даного креслення не обробляється.

Базову довжину вказують під полкою, де за необхідності також вказують умовне зображення напрямку нерівностей. У разі коли вимоги до шорсткості поверхонь нормуються кількома параметрами - їх указують над полкою (рис. 2):

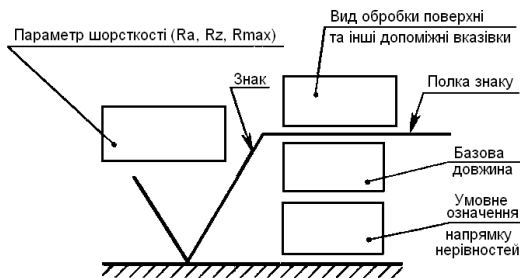


Рис.2. Структура умовного визначення шорсткості поверхні

У довідниках наведені рекомендації щодо вибору числових значень для найбільш характерних видів сполучення, частина яких наведена у таблиці 3.

Таблиця 3.

Характерні значення шорсткості для типових поверхонь

Характеристика поверхні	Значення Ra, мкм
Неробочі контури деталей, підшви станин, кромки під зварні шви	R_z 320-80
Відкрий на прохід кріпильних деталей, проточування	R_z 80-40
Торці валів, муфт, втулок, радіуси округлень	R_z 40-10
Посадочні шийки валів під зубчасті колеса	2-1
Поверхні деталей у посадках з натягом	1,6-0,8
Спідниці поршнів насосів, компресорів і ДВЗ, поверхні витків черв'яків	0,8-0,63
Опор під підшипники кочення та ковзання	0,4-0,8
Корінних та шатунних шийок колінчатих валів, пальців поршнів.	0,32-0,25
Поверхні валів під ущільнення	0,4-0,2
Плунжерна пара	0,04 – 0,08

Якщо відсутні рекомендації щодо призначення шорсткості поверхні, то обмеження шорсткості повинні бути пов'язані з допуском розміру (IT), форми (TF) або розташування (TP). Геометричні відхилення деталі повинні перебувати в межах поля допуску розміру. Тому величину параметра R_z рекомендується назначати не більше 0,33 від величини поля допуску на розмір або 0,5-0,4 від допуску розташування або форми. Перехід від параметра R_z до параметра Ra виконується за співвідношенням:

$$Ra = 0,25 R_z \text{ при } R_z \geq 8 \text{ мкм}; Ra = 0,2 R_z \text{ при } R_z < 8 \text{ мкм}.$$

Після визначення параметра R_a округляють до найближчого меншого числа з ряду стандартних значень.

Приклад: На кресленні деталі завдань розмір $\varnothing 42 k6^{+0,018+}_{0,002}$. Визначити параметр шорсткості R_a .

Рішення:

Допуск розміру $IT = 16$ мкм. Параметр $R_z = 0,33 IT = 0,33 \cdot 16 = 5,3$ мкм. Параметр $R_a = 0,2 R_z = 0,2 \cdot 5,3 = 1,06$ мкм. Для нанесення на кресленні деталі приймаємо найближче менше із переважних значень шорсткості - $R_a = 1,0$ мкм.

7 Способи оцінки шорсткості поверхонь

Шорсткість поверхонь оцінюють шляхом вимірювання мікронерівностей. Ці вимірювання здійснюються за допомогою вимірювальних приладів і повинні проводитися в напрямку, яке дає найбільше значення R_a чи R_z , якщо тільки в технічних умовах на даний виріб не визначено напрямок вимірювання шорсткості. При вимірюванні шорсткості різні дефекти поверхонь (царапини, раковини тощо) не враховуються.

Для вимірювань використовують в основному профілометри, профілографи та оптичні прилади, а також оцінку шорсткості шляхом порівняння з еталонами чистоти.

Принцип роботи профілометрів підстав для вимірювання мікронерівностей поверхонь шляхом їх оцупування алмазною голкою. При переміщенні іголки по поверхні обробленої деталі наявність нерівностей призводить до коливань голки впродовж своєї осі, що реєструє електричний пристрій зі спеціальними датчиками, за допомогою яких автоматично визначається величина середньо квадратичного відхилення від середньої лінії профілю поверхні. Вказані прилади використовують для оцінки шорсткості поверхонь з висотою мікронерівностей не більше 12 мкм та не менше 0,03 мкм. Такими приладами користуються у цехових та лабораторних умовах (5-12 класи).

Профілографи є оптико-механічними приладами. Вони також засновані на принципі оцупування поверхні алмазною голкою. За допомогою оптичного устрою профіль поверхні записується на спеціальній стрічці у збільшеному масштабі, де збільшення у вертикальному напрямку набагато більше, ніж у горизонтальному. Діапазон вимірювань – від 40 до 0,04 мкм (3-12 класи).

З оптичних приладів найбільше використання знайшли подвійний мікроскоп та мікроінтерферометр академіка В.П. Лінник.

Подвійний мікроскоп основ на використанні методу "світлового перерізу"; за його допомогою визначають середню висоту мікронерівностей у межах 3-70 мкм (2-5 класи).

Використання мікроінтерферометра для вимірювань нерівностей засноване на явищі інтерференції світла, яке можна зафіксувати за допомогою спеціального устрою. Мікроінтерферометри використовують у лабораторних умовах для оцінки найбільш чистих поверхонь з висотою нерівностей у межах 0,2-2 мкм. Поле зору у цих приладів дуже мало – до $0,5 \text{ мм}^2$.

У виробничих умовах набагато зручніше шорсткість оброблених поверхонь оцінювати шляхом їх порівняння з еталонами чистоти, які являють собою плоскі, або циліндричні зразки, виготовлені з різних матеріалів (сталь, латунь) та оброблених із заданою шорсткістю. Набори зразків – еталонів виготовляють для різних видів механічної обробки – точіння, фрезерування, шліфування тощо.

Візуальну оцінку шорсткості поверхонь, оброблених викінчувальними методами, при порівнянні зі зразками необхідно проводити за допомогою лупи не менше ніж із п'ятикратним збільшенням. Порівняння з еталоном може бути більш точним при використанні порівняльного мікроскопа, який дозволяє одночасно розглядати поверхні еталону та деталі.