

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

ТЕКСТИ (конспект) лекцій з дисципліни:

«Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання»

Для студентів спеціальностей:

133 Галузеве машинобудування,
134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка,
131 Прикладна механіка
усіх форм навчання
Частина I

Тексти (конспект) лекцій з дисциплін: «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання». Для студентів спеціальностей: 133 Галузеве машинобудування, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, 131 Прикладна механіка усіх форм навчання частина 1 / Укл.: Л.Й. Івченко, В.В.Петриїн, В.С.Штанкевич, М.С. Комочкін. – Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2019. – 101 с.

Укладачі: Л.Й. Івченко, професор, д-р.техн.наук;
В.В.Петриїн, професор, канд.техн.наук;
В. С. Штанкевич, ст. викладач
М.С. Комочкін, ст. викладач.

Рецензент: М.В.Фролов, доцент, к. т. н.

Відповідальний за випуск: В.П.Загородній

Затверджено
на засіданні кафедри
Металорізальних верстатів та інструментів
Протокол № 2 від 02.09.2019р.

Рекомендованно
до видання НМК Машино –
будівного факультету.
Протокол № 1 від 03.09.2019 р.

ЗМІСТ

Вступ		4
1	Державна система стандартизації України	6
1.1	Стисла історія розвитку стандартизації	10
1.2	Мета, принципи та основні завдання стандартизації	13
1.3	Об'єкти стандартизації	15
1.4	Принципи стандартизації	16
1.5	Види стандартів	21
1.6	Нормативні документи та категорії нормативних документів зі стандартизації	22
1.7	Організація робіт зі стандартизації	28
1.8	Стандартизація параметричних рядів машин	29
1.9	Класифікація параметрів машин	36
1.10	Методи стандартизації	37
1.11	Агрегування машин і інших виробів	41
1.12	Комплексна і випереджувальна стандартизація	42
2	Основні поняття про взаємозамінність і системи допусків і посадок	46
2.1	Поняття про взаємозамінність і її види	46
2.2	Основні терміни і визначення	48
2.3	Система допусків і посадок	56
2.4	Утворення і позначення полів допусків і посадок на кресленнях	67
2.5	Принципи і методи вибору допусків та посадок	69
2.6	Методи і засоби контролю деталей ГЦС. Калібри гладкі для розмірів від 1 до 500 мм	91
Частина 2		

ВСТУП

Необхідність підготовки фахівців у галузі машинобудування і механіки в кінці XVIII століття спричинила формування вчення про побудову машин. Надалі з вчення про побудову машин виділяються такі самостійні напрямки як технічна механіка, прикладна механіка, деталі машин. На сьогодні в машинобудуванні склався цикл наукових і навчальних дисциплін, де поряд з теорією механізмів і машин, науками про опір матеріалів і про деталі машин видне місце займає наука про взаємозамінність, метрологію і технічні вимірювання.

Вказані дисципліни взаємно доповнюють одне одного. У першій з них розглядається класифікація механізмів, кінематика і динаміка їх руху, сили тертя; у другій – основи розрахунку на міцність і жорсткість елементів інженерних конструкцій; у третій – методи конструювання і розрахунку деталей машин за такими критеріями працездатності, як зносостійкість і надійність; у четвертій – вимоги до характеру типових з'єднань і розрахунково-дослідного обґрунтування точності їх виконання на основі експлуатаційного призначення механізму з урахуванням міжнародних систем допусків і посадок, метрологічного забезпечення якості продукції.

Для інженерно-технічних працівників усіх галузей промислового виробництва, особливо для машинобудівників, знання з міжгалузевої науки про стандартизацію, її наукові основи, методіку і завдання стандартизації, як і практичні навички з технічних вимірювань, є необхідною складовою частиною їх підготовки.

Кожен технічний працівник, пов'язаний з конструкторськими розробками, розробкою технологічних процесів, обробкою, складанням, експлуатацією, контролем, зберіганням, повинен добре знати структуру побудови міжнародних, державних, галузевих і інших стандартів. Ці знання необхідні для технічного і економічного обґрунтування призначення точності, для технічного нормування і забезпечення заданих експлуатаційних характеристик виробів.

Комплекс глибоких знань і певних навичок у галузі забезпечення якості виробів, особливо з використанням процесів оптимізації параметрів і вимог до точності, метрологічного забезпечення і технічного контролю, стандартизації є необхідною складовою частиною професійної підготовки фахівців з машинобудування і приладобудування.

Головним завданням стандартизації на сьогодні є створення прогресивної системи нормативно-технічної документації і її впровадження, використання її при розробці, виробництві і експлуатації продукції.

Вимоги, що встановлюються в державних стандартах, направлені на випуск найсучаснішої високоякісної продукції відповідної продукції, відповідної світовому рівню за всіма споживчими показниками: надійності і точності, матеріало- і енергоємності, трудомісткості, вимогам економіки і технічної естетики.

1 ДЕРЖАВНА СИСТЕМА СТАНДАРТИЗАЦІЇ УКРАЇНИ

Образно про стандартизацію написав В. Маяковський:

Что гайка?
 Ерунда! Малость!
 А попробуй-ка
 езжай, ежели сломалась.
 Без этой вещи
 без гайки той –
 ни взад, ни вперед.
 Становись и стой!
 Наконец отыскали гайку эту...
 Прилаживают...
 Никакой возможности нету!...
 Эта мала, та велика, –
 словом,
 Не приладишь ее никак.
 И пошли пешком, как гуляки праздные.
 Отчего?
 Оттого что гайки разные.
 А если гайки одинаковые ввезь,
 сломалась –
 новая сейчас же есть.
 И ничего долго разыскивать тут,
 бери любую –
 Хоть эту, хоть ту!

«Залізна логіка» В.В. Маяковського не залишає сумнівів у необхідності стандартизації. Але може виникнути питання: чи не є стандарти перешкодою для творчої діяльності інженерів і робітників-новаторів? Ні, не є, оскільки вони систематично (через кожних 3-5 років) оновлюються з урахуванням перспективного розвитку науки і техніки, а також вимог міжнародних стандартів. «Дотримання стандарту є обов'язковою вимогою і його порушення переслідується законом».

Стандартизація – діяльність з метою досягнення оптимального ступеня впорядкування в певній галузі за допомогою встановлення положень для загального багаторазового використання відносно реально існуючих або потенційних завдань.

Іншими словами, *стандартизація* – це наукове визначення мінімальної кількості вимог до об'єкту стандартизації для досягнення максимального ефекту. Зокрема ця діяльність виявляється в процесах проектування, видання і використання стандартів. Істотні вигоди від стандартизації полягають в тому, щоб підвищити відповідність продукції, процесів і послуг їх призначенню в торгівлі і допомозі в науково-технічній співпраці.

Об'єкт стандартизації – предмет (продукція, процес, послуга), що підлягає стандартизації.

Під поняттям «Об'єкт стандартизації» мається на увазі «продукція, процес або послуга», які однаково відносяться, наприклад, до матеріалів, компонентів, устаткування, правил, процедури, функції, методу або діяльності.

Без стандартів сучасна промисловість немислима. Рівень розвитку стандартизації характеризує не лише рівень розвитку промисловості, але й економічні показники цієї промисловості.

Між числом стандартів розроблених і вживаних в даній галузі, і їх коефіцієнтом корисної дії існує пряма залежність, більше стандартів – менше непотрібної роботи, менше витрата сировини, вище коефіцієнт корисної дії і інш.

Держстандарт України організовує і координує роботу зі стандартизації і функціонування державної системи стандартизації, встановлює спільні організаційно-технічні правила проведення робіт зі стандартизації, здійснює міжгалузеву координацію цих робіт, включаючи планування, розробку, видачу, поширення і використання державних стандартів, визначає порядок державної реєстрації нормативних документів і бере участь у проведенні заходів щодо міжнародної, регіональної стандартизації відповідно до міжнародних договорів України, організовує навчання і професійну підготовку фахівців у галузі стандартизації.

Стандарти повинні полегшити взаємне постачання продукції, в тому числі й складових частин механізмів і машин, підвищити її якісний рівень та конкурентоспроможність. Тому стандарти України (ДСТУ) не тільки орієнтуються на можливості свого виробництва, але

й узгоджуються з вимогами Міжнародної організації зі стандартизації (ISO).

Комплекс основоположних стандартів розроблено на заміну системи ДСТУ 1. «Державна система стандартизації...» та ряду інших, пов'язаних з нею нормативних документів.

Згідно із зазначеним комплексом, національна стандартизація повинна:

- мати затверджені правила про те, як розроблювати, схвалювати, приймати, переглядати, змінювати та скасовувати стандарти;

- застосовувати стандарти на добровільних засадах, якщо інше не встановлено законодавством і розроблювати їх за участі всіх зацікавлених сторін та приймати на основі консенсусу;

- розробляти національні стандарти на підставі відповідних міжнародних і регіональних стандартів або їх проектів на завершальній стадії, а доцільність розроблення національних стандартів, положення яких відрізняються від міжнародних, має бути зумовлено потребами захисту життя, здоров'я та майна людей, захисту тварин, рослин, охорони природного довкілля, кліматичними чи географічними чинниками або суттєвими технічними проблемами;

- створювати єдину систему забезпечування офіційною інформацією щодо програми робіт і чинних стандартів та самими стандартами — національний центр міжнародної інформаційної мережі ISONET WTO. Цей центр повинний також надавати повідомлення (нотифікації) щодо національних нормативних документів (стандартів, технічних умов, технічних регламентів, правив сертифікації тощо), які мають інші вимоги, ніж міжнародні. Інформація має бути доступна для всіх користувачів і надавати її треба за єдиними умовами сплати;

- відокремлювати адміністративні вимоги, наприклад, пов'язані з процедурою оцінювання відповідності, та інші нетехнічні вимоги від вимог щодо експлуатаційних чи технічних характеристик;

- мати єдиний національний орган, який представляє Україну в міжнародних організаціях зі стандартизації, а також брати активну участь у роботі цих організацій;

- зберігати документи, які стосуються розроблення стандартів.

З огляду на ці аспекти та наявність чинних настанов ISO/IEC, які деталізують чи встановлюють вимоги та правила виконання

певних робіт у сфері стандартизації, комплекс стандартів «Національна стандартизація» охоплює стандарти [1-12].

Згідно з міжнародною термінологією та Законом України «про стандартизацію», стандартизація, здійснювана на рівні однієї держави є національною, що відображено в її назві. Стандарти охоплюють основні положення щодо стандартизації. Відомості про побудову, оформлення та зміст стандартів, порядок розробки та затвердження державних стандартів, стандартів підприємств та технічних розумів.

Державна система стандартизації передбачає, що на території України діятимуть такі нормативні документи:

- міжнародний стандарт (ISO) – стандарт, прийнятий Міжнародною організацією зі стандартизації. Охоплює різні сторони виробничої та економічної діяльності, має, як правило, рекомендаційний характер;

- міждержавний стандарт (колишній ГОСТ) – стандарт, прийнятий країнами, що приєдналися до Угоди про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології та сертифікації. Це стандарти колишнього СРСР, які не втратили своєї актуальності або термін дії яких продовжений згідно з Угодою, прийнятою країнами СНД;

- державний стандарт України (ДСТУ) – національний стандарт, затверджений Держстандартом України; або в галузі будівництва – Мінбудархітектури України; обов'язковий для всіх організацій, що діють на території України;

- галузеві стандарти України (ГСТУ) – стандарти, які діють лише в певних, специфічних галузях промисловості (наприклад у гірничо-видобувній промисловості);

- стандарт науково-технічних та інших товариств (ОТТУ) - нормативний документ, який є обов'язковим для використання лише організаціями того чи іншого науково-технічного товариства. Як правило, розроблюється на дослідну або експериментальну продукцію;

- технічні умови України (ТУУ) - нормативні документи, що регулюють стосунки між постачальником і споживачем (замовником) продукції, якщо відсутні державні чи галузеві стандарти;

- стандарти підприємств (СТП) - документи, які регулюють

організацію виробництва, технологічної документації, звітності, оформлення готової продукції в межах того чи іншого виробництва.

Позначення державного стандарту складається з індексу (ДСТУ), реєстраційного номера і відокремлені дві останні цифри – рік затвердження.

Приклад: ДСТУ 2500-94

Позначення стандарту, що входить до комплексу стандартів, складається з індексу, реєстраційного номера, перші цифри з крапкою якого визначають комплекс стандартів, а цифри, що стоять після крапки, є номером стандарту в даному комплексі, і відокремлені дві останні цифри - рік затвердження.

Приклад: ГОСТ 2.304-81, ГОСТ 8.523-85

Позначення галузевого стандарту складається з індексу (ГСТУ) умовного цифрового позначення міністерства (відомства), що затвердило стандарт, реєстраційного номера, присвоєного стандарту в порядку, встановленому в міністерстві (відомстві), і окремо дві останні цифри - рік затвердження. Допускається після цифрового позначення міністерства (відомства) перед реєстраційним номером стандарту наводити інші цифрові індекси, встановлені міністерствами (відомствами).

1.1 Стисла історія розвитку стандартизації

Історія розвитку стандартизації налічує декілька тисячоліть.

Стандартизація розвивалася паралельно з еволюцією цивілізації. Писемність, календарі, системи відліку, міри довжини, ваги, грошові одиниці – прояв стандартизації на перших етапах розвитку цивілізації.

Гігантські усипальні фараонів четвертої єгипетської династії – Хуфу (Хеопса і Хафри (Хефрена)), споруджені у вищих частинах єгипетської цивілізації, є могутніми спорудами країни та і всього світу. Висота – лише одна з характеристик піраміди – досягала 147 метрів, складена з 2,3 мільйонів ретельно оброблених глиб вапняку, кожен з яких вагою більше двох тонн, мали строго певну форму і розміри. Причому ці блоки підганялися так ретельно, що між ними неможливо було просунути навіть голку.

У Венеції в епоху Відродження (Венеція в XIV – XV століттях вважалася «владчицею морів», тобто потужною морською державою) будівництво кораблів було поставлене на потік. У вузький прямий канал опускався корпус корабля і в міру просування по каналу

він оснащувався стандартними деталями, тобто будувалися стандартні кораблі, застосовуючи потокове виробництво з розподілом праці.

Відомо, що «водопровід створений ще рабами Риму». Проте водопроводи «працювали» не лише в Римі, а і в Давній Греції. Причому еллінські майстри робили стандартні труби з металу і прокладали їх під землею (майже як зараз) і витримували вони тиск до двадцяти атмосфер.

Древні греки і римляни робили й керамічні трубопроводи.

Російський цар Іван Грозний в 1555 році ввів «кружала» – стандартний калібр для контролю гарматних ядер.

У 1550-1560 роках російські будівельники застосували цеглину стандартної форми і розмірів – при будівництві храму Василя Блаженного в Москві з обмеженої кількості профілів цеглини робили багато всляких з'єднань.

З 1636 року на місцевому ринку в Москві стояло багато будинків, частково зібраних, частково розібраних, які можна було купити, за невелику плату доставити на місце і протягом двох - трьох днів зібрати.

Виникнення промислової стандартизації в Росії відносять до початку XVIII століття, коли були опубліковані ряд указів Петра I про уніфікацію і якість в галузі озброєння і суднобудування.

У 1694 році, почавши підготовку до свого знаменитого Азовського походу, Петро I вирішив побудувати флот з 22 галер. Зразок такої галери був доставлений в село Преображенське під Москвою. Там по ньому зробили деталі, за якими на верфі у Воронежі була зібрана вся «Азовська флотилія». Це значне, як на той час, будівництво було типовим випадком серійного випуску стандартних суден.

Не менше уваги Петро I приділяв стандартизації озброєння російської армії, зокрема її артилерії. Він знищив строкатість типів знарядь. Відлили нові знаряддя трьох основних типів: гармати, мортири, гаубиці (їх калібри теж стали однаковими), які збереглися до наших днів.

Вперше принципи взаємозамінності, стандартизації були сформульовані в середині XVIII століття (1761 р.) в пам'ятній записці (інструкції) інженера Шувалова П.І. тульським зброярам.

Про високий технічний рівень тульських збройових заводів свідчить масштаб виробництва. З 1812 р. по 1814 р. було виготовлено

600 тисяч рушниць (на ті часи фантастична цифра), що можна здійснити лише на базі принципів взаємозамінності, стандартизації і розподілу праці.

Принципи взаємозамінності, стандартизації були упроваджені на передових підприємствах Європи значно пізніше (у Англії – 1855 року, в Німеччині в 1872 році).

У 1845 році уніфікована ширина залізничної колії – 1435мм, яка вважається нормальною.

В кінці XIX – на початку XX століття починає упроваджуватися на деяких підприємствах простановка допусків на робочих кресленнях, причому кількість посадок коливалася від трьох до шести («вільний пригін», «пригін натуго», «пригін нагарячу» і т. п.)

Перший проект стандарту був розроблений під керівництвом інженера Шелоумова П.М. в 1918-1921 роках, але через низку недоліків цей проект не знайшов використання.

У 1924-1925 роках був запропонований новий проект стандарту «Допуски для приганяння», розроблений під керівництвом професора Гатцука А.Д, в основу якого покладено проект Шелоумова П.М. В цьому стандарті було передбачено чотири класи точності, асиметричне розташування полів допусків для основних валів і отворів, залежність допуску від діаметру.

У 1925 році був створений комітет зі стандартизації при Раді праці і оборони СРСР, який затвердив розроблений стандарт і поклав початок для створення єдиних державних стандартів – ОСТУ (загальносоюзний стандарт). У 30-х роках були розроблені нові методи розрахунку точності механізмів, теоретичні основи вчення про взаємозамінність, створюються стандарти на допуски для зубчастих коліс, шліцових і шпонкових з'єднань, шорсткість поверхні і ін. У ці ж роки Рада народних комісарів приймає рішення про реорганізацію комітету зі стандартизації у Всесоюзний комітет із стандартизації (ВКС): а в 1940 році була введена категорія «Державний стандарт» (ГОСТ).

У 1954 році створено комітет стандартів, заходів і вимірювальних приладів при Раді міністрів СРСР, який у 1971 році був перетворений у Державний Комітет стандартів при Раді міністрів СРСР (Держстандарт СРСР).

На сьогодні питанням стандартизації надається велике значення як за кордоном, так і в нашій країні. Необхідність стандартизації

наукової і технічної термінології обумовлюється, зокрема, тим, що терміни, поняття і позначення є невід'ємною частиною всієї нормативно-технічної, конструкторської і технологічної документації.

Терміни, встановлені стандартами, обов'язкові для використання в документації всіх видів науково-технічної, навчальної і довідкової літератури.

З 1990 року питаннями стандартизації в Україні займається Держстандарт України.

1.2 Мета, принципи та основні завдання стандартизації

Мета стандартизації – установити положення, що забезпечують відповідність об'єкта стандартизації своєму призначенню та безпечність його для життя чи здоров'я людей, тварин, рослин, а також майна й охорони природного довкілля, що створюють умови для раціонального використання всіх видів національних ресурсів, що сприяють усуненню технічних бар'єрів у торгівлі та підвищують конкурентоспроможність продукції, робіт та послуг до рівня розвитку науки, техніки і технологій.

Мета стандартизації досягається розробкою і впровадженням нормативної документації (НД).

Стандарти, як нормативні документи, повинні відповідати наступним чинникам:

- відповідність призначенню – здатність виробу, процесу чи послуги виконувати певну функцію за заданих умов;

- сумісність – придатність виробів, процесів чи послуг для спільного використання у відповідних умовах для задоволення певних потреб без спричинення небажаної взаємодії;

- взаємозамінність – здатність одного виробу, процесу чи послуги бути використаним замість іншого для задоволення тих самих потреб; функціональний аспект взаємозамінності називається «Функціональна взаємозамінність», а розмірний аспект – «розмірна взаємозамінність»;

- обмеження різноманітності – вибір оптимального числа розмірів або зразків виробів, процесів чи послуг для задоволення основних потреб (обмеження різноманітності пов'язане, звичайно, зі зменшенням її);

- безпека – відсутність неприйнятної ризику завдання шкоди.

У сфері стандартизації безпечність продукції, процесів, послуг

розглядається, як правило, з погляду досягнення оптимального балансу низки факторів, включаючи нетехнічні фактори, такі як поведінка людини, які можуть звести ризик завдання шкоди людині та майну до прийняттого рівня;

- захист навколишнього середовища – оберігання навколишнього середовища від несприятливої дії продукції, процесів і послуг;

- захист продукції – забезпечення продукції в кліматичних чи інших несприятливих умовах під час її використання, транспортування чи зберігання.

Державну політику у сфері стандартизації визначають закони України та інші нормативно-правові акти. Ця політика ґрунтується на таких принципах:

- забезпеченості участі фізичних і юридичних осіб у розробленні стандартів та можливості вільно вибирати види стандартів для виготовлення чи постачання продукції, якщо інше не передбачено законодавством;

- відкритості та прозорості процедур розроблення та приймання стандартів з урахуванням інтересів усіх зацікавлених сторін, підвищення конкурентоспроможності продукції вітчизняних виробників;

- доступності стандартів та інформації щодо них для користувачів;

- відповідності стандартів законодавству;

- адаптації стандартів до сучасних досягнень науки і техніки з урахуванням стану національної економіки;

- пріоритетності прямого впровадження в Україні міжнародних та регіональних стандартів;

- дотримання міжнародних та європейських правил і процедур стандартизації;

- участі в міжнародній (регіональній) стандартизації.

Основні завдання стандартизації полягають у тому, щоб забезпечити:

- безпечність продукції, процесів та послуг для життя, здоров'я та майна людей, тварин, рослин та охорону природного довкілля;

- захист та збереження майна і продукції, зокрема під час їх транспортування чи зберігання;

- якість продукції, процесів та послуг, відповідно до рівня розвитку науки, техніки, технологій і потреб людей;
- реалізацію прав споживачів;
- відповідність об'єктів стандартизації своєму призначенню;
- технічну та інформаційну сумісність і взаємозамінність;
- схожість та відтворюваність результатів контролювання;
- установлення оптимальних вимог до суспільно важливих продукції, процесів та послуг;
- заощадження усіх видів ресурсів, поліпшення техніко-економічних показників виробництва;
- упровадження новітніх технологій, оновлення виробництва та підвищення його продуктивності;
- безпеку господарських об'єктів, складних технічних систем з урахуванням допустимого ризику виникнення природних і техногенних катастроф та інших надзвичайних ситуацій;
- розвиток міжнародного та регіонального співробітництва;
- усунення технічних бар'єрів у торгівлі.

1.3 Об'єкти стандартизації

Об'єктами державної стандартизації в Україні є:

- а) об'єкти організаційно-методичного і загальнотехнічного характеру і призначення, у тому числі:
- організація проведення робіт зі стандартизації;
 - термінологічні системи в різних галузях знань і діяльності;
 - класифікація і кодування техніко-економічної і соціальної інформації;
 - системи і методи забезпечення якості і контролю якості (вимірів, аналізу), методи випробувань;
 - метрологічне забезпечення (метрологічні норми, правила, вимоги, організація робіт);
 - вимоги техніки безпеки, гігієна праці, ергономіки, технічної естетики;
 - системи технічної і іншої документації спільного вжитку, єдина технічна мова;
 - системи величин і одиниць;
 - типорозмірні ряди і типові конструкції виробів загальномашинобудівного використання (підшипники, кріплення, інструменти, деталі ін.);

- інформаційні технології, включаючи програмні і технічні засоби інформаційних систем спільного використання;
- достовірні довідкові дані про властивості речовин і матеріалів:
 - б) продукція міжгалузевого призначення і широкого вжитку;
 - в) складові елементи народногосподарських об'єктів державного значення, у тому числі банківсько-фінансова система, транспорт, зв'язок, енергосистема, охорона навколишнього природного середовища, вимоги до використовуваних природних ресурсів, оборона і т.п.;
 - г) об'єкти (елементи) державних соціально-економічних програм і державних науково-технічних програм.

1.4 Принципи стандартизації

Високу якість стандартів визначає висока якість продукції, що випускається.

Досвід робіт, які проводяться в галузі стандартизації, показує, що для забезпечення високої якості і ефективності стандартів необхідно на стадії їх розробки виконувати наступні обов'язкові принципи.

- *Принцип системності.* Технічний прогрес і підвищення якості продукції, яка випускається, викликали об'єктивну необхідність системного підходу до процесу виробництва, що включає працю людей, які забезпечують процес виробництва, засобів праці (сукупність вживаного устаткування, оснащення, інструменту, засобів контролю і так далі) і предмети праці (продукцію, що випускається, на всіх стадіях її створення і використання).

Під системою розуміють сукупність взаємозамінних елементів, функціонування яких приводить до виконання поставленої мети з максимальної ефективності і найменшими витратами. Кількісні зв'язки елементів системи можуть бути детермінованими або випадковими. Сукупність взаємозв'язаних елементів, що входять в систему, утворює структуру, яка дозволяє будувати ієрархічну залежність їх на різних рівнях.

- *Принцип комплексності і оптимального обмеження.* При розробці стандартів необхідно враховувати всі основні елементи (чинники), які впливають на кінцевий об'єкт стандартизації. Для скорочення трудомісткості робіт зі стандартизації елементи, що

незначно впливають на основний об'єкт, не враховують. При стандартизації розглядають систему характеристик і вимог до комплексу взаємозв'язаних матеріальних і нематеріальних елементів. При цьому вимоги до елементів визначаються виходячи з вимог до основного об'єкту стандартизації. Для створення умов здобуття продукції високої якості і підвищення ефективності виробництва необхідна раціональна система стандартів, яка охоплювала б усі її життєві цикли: проектування, серійне виробництво і експлуатацію готового виробу.

- *Принцип прогресивності і оптимізації стандартів.* Показники, норми, характеристики і вимоги, що встановлюються стандартами, повинні відповідати світовому рівню науки, техніки і виробництва. Вони повинні враховувати тенденцію розвитку стандартизованих об'єктів. Необхідно встановлювати економічно оптимальні показники якості, що враховують не лише ефективність нової (підвищеної) якості продукції, але і витрати на її виготовлення, матеріал і експлуатацію, тобто має бути отриманий максимальний економічний ефект при мінімальних витратах. Досягненню цієї мети сприяють методи випереджувальної і комплексної стандартизації.

- *Принципи забезпечення функціональної взаємозамінності стандартизованих виробів.* Цей принцип дозволяє забезпечити взаємозамінність виробів за експлуатаційними показниками. Він є головним при комплексній і випереджувальній стандартизації, а також при стандартизації виробів, технічних умов на них і інш.

- *Принципи взаємодії стандартів.* При великій різноманітності загальнотехнічних і міжгалузевих стандартів необхідна їх взаємна ув'язка. Метод комплексної стандартизації є найбільш переконливим прикладом важливості і ефективності даного принципу, що відноситься до всіх видів стандартів. Важлива також взаємна ув'язка термінів і визначень в галузі стандартизації.

- *Науково-дослідний принцип розробки стандартів.* Для підготовки проектів стандартів і їх успішного впровадження необхідне не лише широке узагальнення практичного досвіду, але й проведення спеціальних теоретичних, експериментальних і дослідно-конструкторських робіт. Цей принцип відноситься до всіх видів стандартів.

- *Принцип переваги.* Зазвичай типорозміри деталей і типових з'єднань, ряди допусків, посадок і інші параметри стандартизують

одночасно для багатьох галузей промисловості, тому такі стандарти охоплюють великий діапазон значень параметрів. Щоб підвищити рівень взаємозамінності і зменшити номенклатуру виробів і типорозмірів заготовок, розмірного різального інструменту, оснащення і калібрів, використовуваних у тій або іншій галузі промисловості, а також створити умови для ефективної спеціалізації і кооперації, здешевлення продукції при уніфікації і розробці стандартів застосовують принципи переваги. Відповідно до цього принципу встановлюють декілька рядів значень стандартизованих параметрів для того, щоб при виборі віддавати перевагу першому ряду перед другим, другому – перед третім і т.д. За таким принципом побудовані ряди діаметрів і кроків метричної різьби, ряди нормальних кутів, стандарти на допуски і посадки і інш. Крім того, рекомендується створити галузеві обмежувальні стандарти, що зводять до необхідного мінімуму число параметрів, що допускаються до використання, типів і типорозмірів виробів.

При проектуванні одним із важливих моментів є встановлення типів, параметрів, що визначають розмірну, технологічну і експлуатаційну характеристики. При цьому головні і основні параметри виробу повинні вибиратися на основі певних закономірностей. Ця закономірність встановлюється переважними числами.

Сенс системи переважних чисел полягає у виборі лише тих параметрів і розмірів, які підкоряються строго певному математичному закону. Вони можуть бути будь-яких значень отримуваних у результаті розрахунку або таких, що призначаються вольовим порядком.

Було багато спроб створити ряд чисел. Наприклад, 1, 2, 3...100, 101... – арифметичний ряд. Але цей ряд не задовольняє потреб машинобудування, оскільки він дуже густий, а для приладобудування – дуже рідкий.

Якнайповніше відповідає вимогам промисловості геометрична прогресія (з різними знаменниками), оскільки відношення між сусідніми числами у всьому ряду однакові, тобто:

- добуток двох членів є членом ряду;
- частка від ділення двох членів є членом ряду;
- ступінь числа ряду є членом ряду;
- корінь з числа ряду є членом ряду.

Ряди переважних чисел нормовані стандартом (ГОСТ 8032-56), який розроблений на основі рекомендацій ISO (міжнародна організація зі стандартизації). За цим стандартом встановлено чотири основні десяткові ряди переважних чисел, побудованих за геометричною прогресією із знаменником ϕ , рівним:

для ряду R 5 $\sqrt[5]{10} \approx 1,6$ (1,0; 1,60; 2,50; 4,0.)

для ряду R 10 $\sqrt[10]{10} \approx 1,25$ (1,0; 1,25; 1,60; 2,0.)

для ряду R 20 $\sqrt[20]{10} \approx 1,12$ (1,0; 1,12; 1,25; 1,40.)

для ряду R 40 $\sqrt[40]{10} \approx 1,06$ (1,0; 1,06; 1,12; 1,18.)

Кожен член ряду отримують шляхом множення попереднього члена на знаменник прогресії ϕ .

Окрім основних рядів, застосовують три додаткові ряди:

R 80 $\sqrt[80]{10} \approx 1,03$; (1,04 1,03; 1,06; 1,094 1,12;.)

R 160 $\sqrt[160]{10} \approx 1,015$ (1,0; 1,007; 1,0144 1,02.)

R 320 $\sqrt[320]{10} \approx 1,007$ (1,0; 1,007; 1,014; 1,02;.)

І один проміжний R 270:

R 270 $\sqrt[270]{10} \approx 1,009$ (1,0; 1,009; 1,018; 1,027.)

У деяких випадках допускається вживання довільних рядів, отриманих шляхом відбору яких-небудь членів ряду. Так утворюється ряд R 10/3, що складається з кожного третього значення основного ряду, причому починатися він може з першого, другого або третього значення, наприклад:

R 10	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10
R $\frac{10}{3}$	1			2			4			8	
R $\frac{10}{3}$		1,25			2,5			5			10
R $\frac{10}{3}$			1,6			3,15			6,3		

Додаткові і проміжні ряди допускається застосовувати лише в окремих обґрунтованих випадках.

При виборі ряду переважних чисел або типорозмірів виробів доцільно використовувати ряди з великим значенням знаменника геометричної прогресії (ϕ), але вибір ряду, у будь-якому випадку, необхідно технічно і економічно обґрунтувати.

Ряди переважних чисел потрібно застосовувати не лише при стандартизації, але і при виборі номінальних значень параметрів в процесі проектування будь-яких не стандартизованих машин, приладів і інших виробів і їх частин. Лише при такій єдиній закономірності побудови параметрів і розмірів виробів можна погоджувати між собою параметри і розміри, пов'язані з ними, комплектувальних виробів, а також напівфабрикатів і матеріалів.

- *Принцип динамічності.* Для підвищення ефективності промислового виробництва необхідно періодично переглядати вимоги до об'єктів стандартизації з метою приведення їх у відповідність з вимогами технічного прогресу.

- *Принцип мінімальної питомої витрати матеріалів.* Вартість матеріалів і напівфабрикатів у машинобудуванні становить від 40 до 80% загальної собівартості продукції. Тому зниження питомої витрати матеріалу на одиницю продукції має велике значення.

При стандартизації заготовок і виробів економію металу можна отримати в результаті використання раціональних конструктивних схем і компоновок машин, вдосконалення методів розрахунку деталей на міцність і обґрунтованого зниження запасу міцності, вживання економічних профілів, періодичного прокату, зварних конструкцій, пластмас, литих заготовок, особливо литва по моделях, що виплавляються.

Великий ефект дає використання порошкової металургії і холодного об'ємного штампування.

Значним резервом економії матеріалів є підвищення терміну служби машин і їх складових частин, у тому числі і в результаті захисту від корозії.

- *Патентна чистота стандартів.* Багато стандартних агрегатів широко застосовуються в машинах, приладах і устаткуванні, що поставляються на експорт. Для забезпечення конкурентоспроможності, окрім відповідності якості виробів світовому рівню, вони не повинні порушувати патенти (свідоцтва), які діють в країнах ввезення, на винаходи, моделі, промислові зразки, що надають власникам виняткове право на використання запатентованого

об'єкту протягом певного терміну (10-15 років). Порушення цих прав спричиняє накладення арешту на вироби, що експортуються, і штрафи, які відшкодовують збитки патентотримача. Тому продукція, яка стандартизується, повинна мати патентну чистоту. Ця вимога відноситься до технологічних процесів, методів і засобів виміру і випробування виробів тощо.

1.5 Види стандартів

Відповідно до специфіки об'єкту стандартизації, складу і вмісту встановлюваних до нього вимог для різних категорій нормативних документів зі стандартизації, розробляють стандарти таких видів:

- основоположний стандарт;
- термінологічний стандарт;
- стандарт на методи випробування;
- стандарт на продукцію;
- стандарт на процес;
- стандарт на послугу;
- стандарт на сумісність;
- стандарт загальних технічних вимог.

Основоположний стандарт має широку сферу поширення або такий, що містить загальні положення для певної галузі, може використовуватися безпосередньо як стандарт або слугувати основою для інших стандартів.

Термінологічний стандарт поширюється на терміни та їхні визначення.

Стандарт на методи випробування встановлює методи випробування, як наприклад, використання статистичних методів і порядок проведення випробувань.

Стандарт на продукцію встановлює вимоги, які повинні задовольняти виріб (групу виробів), щоб забезпечити свою відповідність призначенню. Крім вимог відповідності призначенню, може містити безпосередньо або через посилення такі елементи, як терміни та визначення, вибір проб, випробування, пакування та етикеткування та інші технологічні вимоги.

Стандарт на процес встановлює вимоги, які повинні задовольняти процес, щоб забезпечити свою відповідність призначенню.

Стандарт на послугу встановлює вимоги, які повинні

задовольняти послуги, щоб забезпечити свою відповідність призначенню. Стандарти на послуги можуть бути розроблені в таких галузях, як наприклад, торгівля, банківська справа, страхування, готельне господарство, транспорт, автосервіс, телезв'язок.

Стандарт на сумісність - стандарт виробів чи систем у місцях їх поєднання.

Стандарт загальних технічних вимог містить перелік характеристик, для яких значення чи інші дані встановлюються для виробу, процесу чи послуги в кожному випадку окремо. У деяких стандартах, зазвичай, передбачаються дані, зазначені постачальником, у інших – споживачем.

Загальнотехнічні та організаційно-методичні стандарти – важлива частина спільного фонду нормативно-технічних документів, що відображають сучасний рівень науки, техніки і виробництва. Встановлено також, що загальнотехнічні і організаційно-методичні стандарти повинні, як правило, групуватися в комплексі, системно, які вирішують те або інше завдання.

Виняткове право видання, перевидання і поширення державних стандартів і змін до них належить Держстандарту України і Мінбудархітектурі України (у відповідній галузі).

Видання або перевидання стандартів міжнародних і регіональних організацій, міждержавних стандартів, національних стандартів інших країн Держстандарт України здійснює на основі відповідних договорів і угод.

Видання або перевидання галузевих стандартів і змін до них, стандартів науково-технічних і інженерних товариств України і забезпечення ними користувачів здійснюють міністерства, відомства, товариства, що затвердили їх.

Порядок видання або перевидання технічних умов і стандартів підприємств, включаючи зміни до них і забезпечення ними користувачів встановлюють організації або підприємства — тримачі оригіналів цих документів.

1.6 Нормативні документи та категорії нормативних документів зі стандартизації

Нормативний документ – це документ, що встановлює правила, загальні принципи чи характеристики різного виду діяльності або її результатів.

Термін «нормативний документ» є разовим терміном, що охоплює такі поняття, як «стандарт» «технічні умови», «настанова» (правила) та «регламент».

Стандарт – нормативно-технічний документ, створений на основі консенсусу та ухвалений визнаним органом, що встановлює, для загального і багаторазового користування, правила, настановні вказівки або характеристики різного виду діяльності чи її результатів і який є спрямованим на досягнення оптимального ступеня впорядкованості в певній сфері та доступним широкому колу користувачів.

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

Міжнародний стандарт – стандарт, прийнятий міжнародною організацією зі стандартизації.

Регіональний стандарт – стандарт, прийнятий регіональною організацією зі стандартизації.

Національний стандарт – стандарт, прийнятий національним органом стандартизації.

Інші стандарти. Стандарти можуть прийматися і на інших рівнях, наприклад центральних органів виконавчої влади, галузей, суб'єктів господарювання та їх об'єднань.

Пробний стандарт – стандарт, прийнятий тимчасово органом стандартизації і доведений до широкого кола користувачів з метою накопичення потрібного досвіду в процесі його застосування і який може бути використаний як база стандарту.

Технічні умови – нормативний документ, що встановлює технічні вимоги, яким повинен відповідати виріб, процес чи послуга. У технічних умовах у разі потреби повинна бути зазначена методика, за якою можна визначити, чи дотримано даних вимог. Технічні умови можуть бути стандартом або частиною стандарту.

Настанова – нормативний документ, що рекомендує практичні прийоми чи методи проектування, виготовлення, монтажу, експлуатації або утилізації обладнання конструкцій чи виробів. Настава може бути стандартом, частиною стандарту або іншим незалежним від стандарту документом.

Регламент – нормативний документ, прийнятий органом влади, що передбачає обов'язковість правових положень.

Технічний регламент – регламент, що містить технічні вимоги або безпосередньо, або через посилання на стандарт, технічні умови, настанову чи їхній зміст. Технічний регламент може бути доповнений технічною настановою, яка означає способи дотримання вимог регламенту, тобто вичерпним положенням.

Нормативні документи зі стандартизації поділяються на такі категорії:

- державні стандарти України – ДСТУ;
- галузеві стандарти України – ГСТУ;
- стандарти науково-технічних і інженерних суспільств і союзів України – СТТУ;
- технічні умови України – ТУУ;
- стандарти підприємств – СТП.

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

Республіканські стандарти колишньої УРСР застосовуються як державні стандарти України до їх заміни або відміни.

Державні стандарти України містять обов'язкові вимоги, що рекомендуються.

До обов'язкових відносять:

- вимоги, що забезпечують безпеку продукції для життя, здоров'я і майна громадян, її сумісність і взаємозамінність, охорону навколишнього природного середовища і вимоги до методів визначення цих показників;
- вимоги техніки безпеки і гігієни праці із посиланням на відповідні норми і правила;
- метрологічні норми, правила, вимоги і положення, які забезпечують достовірність і єдність вимірів;
- положення, що забезпечують технічну єдність під час розробки, виготовлення, експлуатації (вживання) продукції.

Обов'язкові вимоги державних стандартів підлягають безумовному виконанню органами державної виконавчої влади, всіма підприємствами і громадянами — суб'єктами підприємницької діяльності, на діяльність яких поширюється дія стандартів.

Вимоги державних стандартів, що рекомендуються, підлягають обов'язковому виконанню, якщо:

- це передбачено чинними актами законодавства;

- ці вимоги включені в договір на розробку, виготовлення і постачання продукції;

- заготівником (постачальником) продукції зроблена документальна заявка про відповідність продукції цим стандартам.

Галузеві стандарти розробляють на продукцію, послуги за відсутності державних стандартів України або у разі потреби встановлення вимог, державних стандартів, що перевищують або доповнюють вимоги. Обов'язкові вимоги галузевих стандартів не повинні суперечити вимогам державних стандартів. Обов'язкові вимоги галузевих стандартів підлягають безумовному виконанню підприємствами, установами і організаціями, що входять у сферу управління органу, який затвердив їх. Підприємства, установи, організації, що не входять у сферу управління органу, який затвердив галузеві стандарти, але що користуються ними при виготовленні і постачанні продукції, повинні виконувати обов'язкові вимоги галузевих стандартів.

Стандарти науково-технічних і інженерних товариств (спілок) розробляють у разі потреби поширення і використання, систематизованих і узагальнених результатів фундаментальних і прикладних досліджень, отриманих в окремих галузях знань або сферах професійної діяльності. Вимоги цих стандартів не повинні суперечити обов'язковим вимогам державних і галузевих стандартів.

Технічні умови — нормативний документ, що розробляється для встановлення вимог, які регулюють стосунки між постачальником (розробником, заготівником) і споживачем (замовником) продукції, для якої відсутні державні або галузеві стандарти (або при необхідності конкретизації їх вимог).

Державні стандарти України, галузеві стандарти і стандарти товариств (спілок) і зміни до них, підлягають державній реєстрації в Держстандарті України.

Технічні умови на продукцію і зміни до них підлягають державній реєстрації в територіальних органах Держстандарту України.

Стандарти, технічні умови і зміни до них, які не пройшли державну реєстрацію вважаються недійсними.

Для забезпечення організації виробництва, взаємозв'язку виробничих процесів, встановлення вимог до технологічної оснащеності і інструменту, технологічних норм і технологічних

процесів, які використовуються лише на даному підприємстві, розробляють стандарти підприємств.

Стандарти підприємства не повинні суперечити обов'язковим вимогам державних стандартів.

Стандарти розробляють відповідно до плану державної стандартизації України з урахуванням норм чинного законодавства України, вимог стандартів державної системи стандартизації України і документів міжнародних і регіональних організацій зі стандартизації.

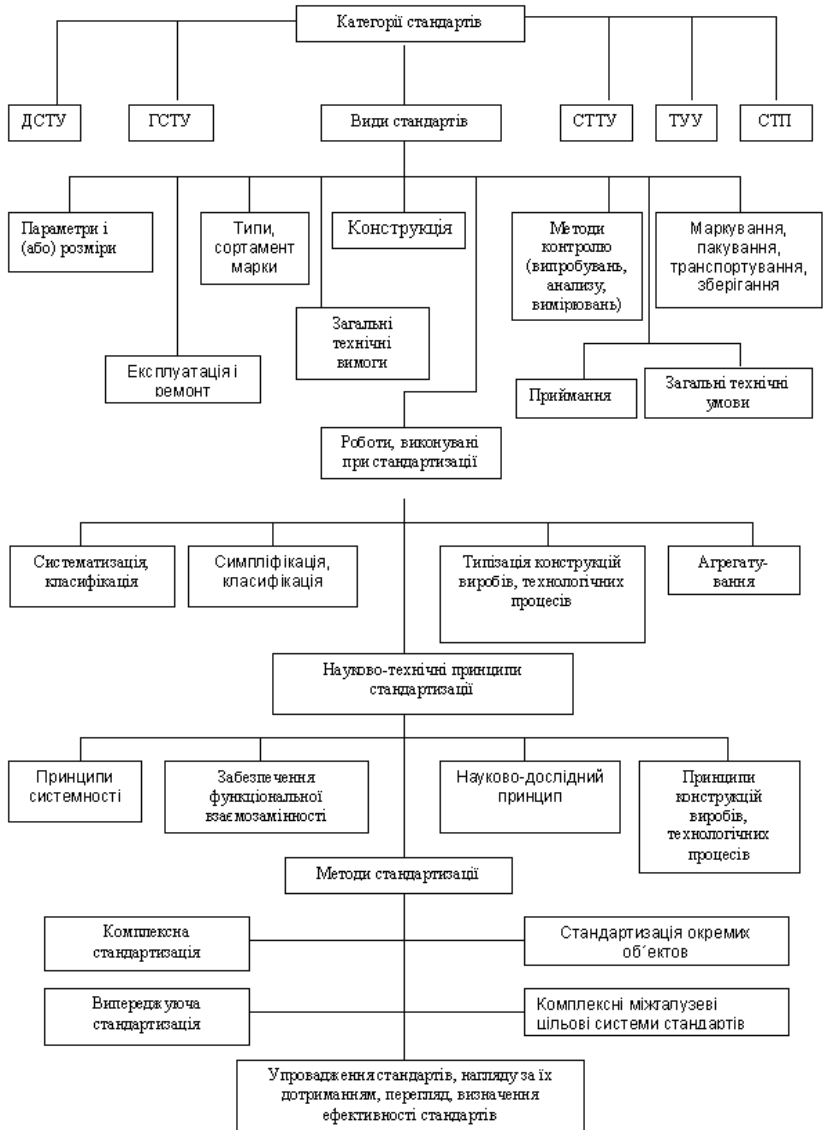


Рисунок 1.1 – Принципові методичні і науково-технічні основи стандартизації

При розробці стандартів використовують результати науково-дослідних, дослідно-конструкторських і проектних робіт, що проводяться підприємствами, результати патентних досліджень (рисунок 1.1).

З метою забезпечення координації і контролю робіт при розробці стандартів і підготовці до їх впровадження встановлюють стадії розробки стандартів, а саме:

- організація розробки стандарту;
- розробка проекту стандарту (першої редакції);
- розробка проекту стандарту (остаточної редакції) ;
- затвердження і державна реєстрація стандарту;
- видання стандарту.

1.7 Організація робіт зі стандартизації

Держстандарт України організовує і координує роботу зі стандартизації і функціонуванню державної системи стандартизації, встановлює в державних стандартах цієї системи спільні організаційно-технічні правила проведення робіт, здійснює міжгалузеву координацію цих робіт, включаючи планування, розробку, видання, поширення і використання державних стандартів, визначає порядок державної реєстрації нормативних документів і бере участь у проведенні заходів щодо міжнародної, регіональної стандартизації відповідно до міжнародних договорів України, організовує навчання і професійну підготовку фахівців у сфері стандартизації.

Міністерства (відомства), державні комітети, органи державної виконавчої влади беруть участь у роботах зі стандартизації і організовують цю діяльність у межах своєї компетенції.

Для організації, планування і координації робіт зі стандартизації в галузях народного господарства і інших сферах діяльності в міністерствах (відомствах) України створюють підрозділи (служби) стандартизації і (або) головні (базові) організації зі стандартизації.

Для організації і забезпечення розробки, експертизи, узгодження і підготовки до затвердження державних стандартів і інших нормативних документів по стандартизації, а також для проведення робіт з міжнародної (регіональної) стандартизації за рішенням Держстандарту України або Мінбудархітектури України (у

відповідній сфері) створюють технічні комітети України (ТК) зі стандартизації.

ТК здійснюють свою діяльність відповідно до положення, затвердженого Держстандартом України.

Державні стандарти України за дорученням Держстандарту України можуть розробляти також підприємства, установи і організації, які у відповідній області стандартизації мають необхідний науково-технічний потенціал.

Підрозділи (служби) стандартизації (науково-дослідні центри, конструкторсько-технологічні або науково-дослідні відділи і наукові лабораторії, бюро, групи), які функціонують на підприємствах (у установах, організаціях), проводять науково-дослідні, дослідно-конструкторські і інші роботи по стандартизації, здійснюють організаційно-методичні і науково-технічне керівництво роботами по стандартизації на підприємствах, включаючи підготовку до впровадження стандартів (нормативних документів), залучають до цих робіт інші підрозділи і координують їх діяльність з розробки і застосуванню стандартів.

Підрозділи стандартизації здійснюють свої функції, відповідно до положення про службу стандартизації на підприємстві.

1.8 Стандартизація параметричних рядів машин

Останнім часом має місце тенденція на збільшення кількості найменувань різних машин, приладів і механізмів. Проте в ряді випадків має місце випуск надмірно великої номенклатури виробів, схожих за призначенням, які незначно відрізняються за конструкцією і розмірами. Для раціонального скорочення номенклатури виробів, що виготовляються, з метою уніфікації, підвищення серійності і розвитку спеціалізації їх виробництва розробляють стандарти на параметричні ряди цих виробів.

Кожну машину характеризує декілька параметрів. Номенклатура стандартизованих параметрів має бути мінімальною, але достатньою для оцінки експлуатаційних характеристик даного типу машин і його модифікацій.

Спільна номенклатура параметрів має бути мінімальною, щоб не обмежувати творчої ініціативи конструктора, але достатньою для правильної оцінки типів виробів і не повинна дублювати характеристик, включених в інші стандарти на ці типи машин.

Наприклад: не дублювати спільних технічних умов, розмірів, установлених в інших стандартах.

Вибір параметрів повинен здійснюватися на основі рядів переважних чисел. Найбільше і найменше числове значення кожного параметра встановлюється з урахуванням поточних і перспективних потреб в машинах даного вигляду.

При визначенні частоти ряду необхідно завжди пам'ятати, що використання густіших рядів (R20, R40) збільшує номенклатуру запасних частин, ускладнює ремонт, підвищує витрати на експлуатацію.

Рідші ряди (R5, R10) дають можливість організувати спеціалізоване виробництво, знизити трудомісткість, собівартість, поліпшити якість, надійність.

У машинобудуванні найчастіше використовують ряд переважних чисел R10. Наприклад, для подовжньо-шліфувальних верстатів найбільша ширина оброблюваних виробів також утворює ряд R 10: 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200 мм.

По цьому ж ряду прийняті діаметри дискових трибінних фрез (50; 63; 80; 100 мм), встановлюють ряд номінальних потужностей електричних машин і інш.

Зі всіх параметрів виділяють головні, основні і допоміжні параметри машин.

Головним називають параметр, який визначає важливий експлуатаційний показник машини (або іншого виробу) і не залежить від технічних удосконалень виробу і технології виготовлення. Наприклад, головним параметром токарного верстата є габаритні розміри оброблюваних заготовок, висота центрів і відстань між центрами в крайньому положенні задньої бабки і її пінолі; мостового крана – вантажопідйомність, протяжного верстата – тягова сила, штангенінструменту, мікрометричного інструменту, важільної скоби – діапазон виміру і т. д. По головному параметру будують параметричний ряд. Вибір головного параметра і визначення діапазону значень цього параметра мають бути технічно і економічно обґрунтованими. Крайні числові значення ряду вибирають з врахуванням поточної і перспективної потреби в даних виробках.

Головний параметр характеризується тим, що він встановлюється на основі аналізу сутності конструкції, досягнень

науки і техніки повинен забезпечувати якнайкращі технічні і експлуатаційні характеристики виробів і не залежить від технології виготовлення.

Стандарти на головні параметри переглядаються лише при створенні принципово нових конструкцій. Цей параметр приймається як база при визначенні числових значень основних параметрів.

Основними називають параметри, які визначають якість машин. Наприклад, для металорізального устаткування – це точність обробки, потужність, межі швидкостей різання, продуктивність; для вимірювальних приладів – похибка виміру, ціна ділення шкали, вимірювальна сила і ін.

До *допоміжних* параметрів відносять питому витрату енергії, мастила, гальмування, ємність баків, зусилля перемикачів рукояток, вимоги до матеріалів, до зовнішнього вигляду, експлуатаційних вимог.

Допоміжні параметри залежать від конструкції, методів виготовлення і не розглядаються частіше.

Найчастіше головний параметр є лінійною величиною. Для виробів загальномашинобудівного вживання залежно від їх виду в таблицях 1.1 – 1.4 приведені рекомендації по вибору головних і основних параметрів. Знаком “XX” позначені головні параметри, “X” – основні параметри.

Значення головних і основних параметрів, що занесені в паспорт, систематизують в порядку їх зростання, тобто складають параметричний ряд, який і є початковим для проведення уніфікації.

Таблиця 1.1 – Головні і основні параметри (різьбових деталей, штифтів, шплінтів, заклепок)

Найменування виробу	Головні і основні параметри, мм			
	зовнішній діаметр	діаметр різьблення	внутрішній діаметр	довжина
Болти	–	XX	–	X
Гвинти	–	XX	–	X
Шпильки	–	XX	–	X
Гайки	–	XX	–	–
Штифти	XX	–	–	X
Шплінти	XX	–	–	X
Шайби	–	–	XX	–
Заклепки	XX	–	–	X

Таблиця 1.2 – Головні і основні параметри (зірочок, шківів, зубчастих коліс і передач)

Найменування виробу	Головні і основні параметри									
	d_{e_2} , мм	u	p , мм	z	Кількість канавок	Перетин канавки	da , мм	dw , мм	m , мм	b , мм
Зірочки	—	—	XX	X	—	—	—	—	—	—
Шківів:										
для плоских ременів	—	—	—	—	—	—	XX	—	—	X
для клинових ременів	—	—	—	—	X	X	XX	—	—	—
Передачі зубчасті										
циліндричні силові	—	X	—	—	—	—	—	XX	—	X
Колеса зубчасті циліндричні	—	—	—	X	—	—	—	—	XX	X
Передачі зубчасті конічні	XX	X	—	—	—	—	—	—	—	—
Передачі черв'ячні	—	X	—	—	—	—	—	XX	—	—

d_{e_2} – діаметр ділительного кола;

u – передавальне відношення;

p – крок зубів зірочки;

z – число зубів;

dw – діаметр западин;

da – діаметр виступів;

m – модуль;

b – ширина.

Таблиця 1.3 – Головні і основні параметри

Найменування виробу	Головні і основні параметри								
	$T_n, Н м$	$T_{ном}, Н м$	$T_{max}, Н м$	$awt, мм$	Діапазон регулюван ня	$U_{ном}, мм$	$D, мм$	$de_2, мм$	$r, мм$
Редуктори:									
циліндричні	XX	-	-	XX	-	X	-	-	-
конічні	X	-	-	-	-	X	-	XX	-
конічно- циліндричні	X	-	-	XX	-	X	-	-	-
планетарні	X	-	-	-	-	X	-	-	XX
черв'ячні	X	-	-	XX	-	X	-	-	-
черв'ячно- циліндричні	X	-	-	XX	-	X	-	-	-
Муфти:									
зубчасті	-	X	-	-	-	-	XX	-	-
кулачкові	-	X	-	-	-	-	XX	-	-
фланцеві	-	X	-	-	-	-	XX	-	-
пружні з гороподібною оболонкою	-	X	-	-	-	-	XX	-	-
Варіатори	-	-	XX	-	X	-	-	-	-

T – крутний момент відповідно індексу: t – тиххідного валу;
ном – номінальний; max – максимальний;

r – радіус водила;

awt – міжосьова відстань;

u – передавальне відношення;

D – зовнішній діаметр;

de_2 – діаметр дільного кола.

Таблиця 1.4 – Головні і основні параметри (підшипникових вузлів)

Найменування виробу	Головні і основні параметри					
	Діаметр розточування підшипник	Зовнішній посадочний діаметр	Зовнішній діаметр	Діаметр отвору під вал	Довжина (для корпусів підшипників ковзання, робоча довжина опори)	Відстань від валу до основи лап
Корпуси підшипників кочення фланцевого виконання	XX	X	-	-	-	-
Корпуси підшипників кочення з кріпленням на лапах	XX	-	-	-	-	X
Кришки	-	XX	-	X	-	-
Втулки дистанційні в корпус	-	-	XX	-	X	-
Втулки дистанційні на вал	-	-	-	XX	X	-
Корпуси підшипників ковзання з кріпленням на лапах	XX	-	-	-	-	X
Корпуси підшипників ковзання фланцевого виконання	XX	X	-	-	-	-
Втулки підшипників ковзання	-	X	-	XX	X	-

1.9 Класифікація параметрів машин

Аналіз стандартів та типів машин показує, що кількість параметрів, якими повинні характеризуватися вироби можна звести до невеликої номенклатури, тобто всі параметри умовно можна поділити на 5 груп.

1. Параметри, що характеризують продуктивність:

- частота обертання, число подвійних ходів робочого органу;
- швидкість переміщення робочих органів (характерний для гідравлічних пресів, екскаваторів);
- швидкість руху всієї машини – автомобілі, трактори, дорожні машини і т. д.
- кількість матеріальних цінностей, що виготовляються в одиницю часу.

2. Розмірні параметри:

- розміри встановлюваних заготовок (металоріжучі верстати, преси);
- величина переміщення робочих органів за один робочий цикл (металоріжучі верстати, преси);
- основні розміри базових деталей (стіл, довжина станини і інш.);
- розмір робочих органів (бульдозер);
- розміри, що визначають взаємозамінності деталей і агрегатів (у трактора – навісні і причіпні знаряддя, електродвигуни);
- розміри, що визначають можливість використання машини в певних виробничих умовах (автомобілі, колісні трактори, екскаватори, тобто машини в яких стандартизована колія, стріла і інш.).

3. Силкові параметри:

- зусилля, що розвиваються робочим органом (преси, трактори, протяжні верстати і т.п.)
- крутний момент (двигуни, редуктори);
- осьова вага 3,5-6-10 т (автомобілі, ваони і т. д.);
- питомий тиск середовища (циліндри, резервуари);
- питомий об'єм (екскаватор, холодильник).

4. Вагові:

- конструктивна маса;
- відносна конструктивна маса (вага конструкції, віднесеної до одиниці головного параметра);

- експлуатаційна маса (транспортні машини заправлені);
- відносна експлуатаційна маса (маса віднесена до одиниці головного параметра);
- вага (літраж) заправки.

5. Параметри, що характеризують охорону здоров'я.

1.10 Методи стандартизації

Уніфікація від латинського unio – єдність і facere – робити, тобто приведення чого-небудь до одноманітності, до єдиної форми або системи. При уніфікації встановлюють мінімально необхідне, але достатнє число типів, видів, типорозмірів, виробів, складальних одиниць і деталей, які володіють високими показниками якості і повною взаємозамінністю.

В основі уніфікації рядів деталей, вузлів, агрегатів, машин і приладів лежить їх конструктивна подібність, яка визначається спільністю експлуатаційних вимог. До них, наприклад, відносяться характер навантаження і режим його зміни, температурні умови, силова і теплова напруженість і ін.

Уніфікація найбільш поширена і ефективна форма стандартизації. Завдання уніфікації дещо відрізняються від завдань стандартизації. При стандартизації повинні задовольнятися вимоги всіх зацікавлених галузей в даному виді виробів з урахуванням технічного прогресу. При уніфікації ж номенклатура виробів обмежується сферою найбільшого їх використання.

Таким чином, залежно від масштабів і призначення уніфікації вона може передувати стандартизації, що буває найчастішим, проте завдання уніфікації можуть зводитися до обмеження номенклатури стандартних деталей стосовно потреб галузі або підприємства. Але стандартизація виробів обов'язково передбачає їх уніфікацію. Якщо розробляється стандарт, який застосовуватимуть у декількох галузях промисловості, допускається більше число типорозмірів. Подальше їх скорочення може бути досягнуте шляхом складання галузевих або внутрішньозаводських обмежувальних переліків типорозмірів виробів, їх складових частин і деталей. Уніфікації підлягають також марки матеріалів, їх властивості і розміри, процеси, інструмент, технологічне оснащення, методи випробування, документація, термінологія, позначення і т. д.

Основою уніфікації є систематизація і класифікація.

Систематизація предметів, явищ або понять переслідує мету розташувати їх в певному порядку і послідовності, створюючи чітку систему, зручну для користування. При систематизації необхідно враховувати взаємозв'язок об'єктів. Найбільш простою формою систематизації є алфавітна система розташування об'єктів. Таку систему використовують, наприклад, в енциклопедичних і політехнічних довідниках, в бібліографії і інш. Застосовують також порядкову нумерацію об'єктів, що систематизуються, або розташування їх у хронологічній послідовності. Наприклад, Держстандарт України реєструє стандарти за порядком номерів, після якого в кожному стандарті вказують рік його затвердження (наприклад, ДСТУ 2500-94 „Єдина система допусків та посадок” Терміни та визначення. Позначення і загальні норми). Для систематизації параметрів і розмірів машин, їх частин і деталей рекомендуються ряди переважних чисел.

Широкого поширення набув різновид систематизації – класифікація. Вона переслідує мету розташувати предмети, явища або поняття за класами, підкласами і розрядами залежно від їх спільних ознак. Найчастіше класифікацію проводять за десятковою системою. На її основі створений класифікатор продукції. Універсальна десяткова класифікація (УДК) прийнята як міжнародна система рубрикації індексів технічної і гуманітарної літератури. Наприклад: УДК62 – техніка; УДК621 – спільне машинобудування і електроніка; УДК621.3 – електроніка і інш.

Розрізняють наступні види уніфікації:

- внутрішньорозмірна уніфікація – це уніфікація між базовою моделлю і її модифікаціями. Наприклад, токарно-гвинторізний для обробки заготовок з максимальним діаметром 320 мм уніфіковано з токарними, двосупортними, операційними і т. д. Їх ступінь уніфікації між собою і з базовим токарно-гвинторізним верстатом досягає 85-95%. Ступінь уніфікації автомобілів Мінського автомобільного заводу – 82-93%;

- міжрозмірна уніфікація – уніфікація між різними типорозмірами усередині одного параметричного ряду, але усередині одного типу;

- міжтипова уніфікація – уніфікація між різними типами і різними рядами. Наприклад, на Мінському верстатобудівному заводі уніфіковані в один міжтиповий ряд подовжньо-фрезерні, подовжньо-

шліфувальні, подовжньо-стругальні верстати на основі стандартної ширини оброблюваних заготовок, встановлених по ряду R10 (800; 1000; 1250; 1600 мм). Це дозволило застосувати для вказаних верстатів 45% уніфікованих вузлів (стійки, станини, поперечки і ін.);

- конструкторська уніфікація – уніфікація виробів, вузлів, агрегатів, деталей, матеріалів і т.д.;

- технологічна уніфікація – уніфікація технологічних процесів, оснащення, інструментів.

Уніфікація може проводитися в масштабах заводу, галузі, країни, держави.

Заводська (в рамках одного заводу) і галузева (для ряду заводів галузі) уніфікація може охоплювати номенклатуру виробів, складальних одиниць і деталей, які проводять і застосовують у різних галузях (міжгалузева уніфікація). Вона є найбільш економічно ефективною при обмеженні номенклатури використовуваних матеріалів, конструктивних і технологічних елементів деталей машин — отворів, фасок, проточок, різьб, шпонкових і шліцевих з'єднань і т. п. Уніфікацію, як і подальшу за нею стандартизацію, конструктивних і технологічних елементів деталей машин необхідно проводити у взаємному зв'язку зі стандартизацією різального і вимірювального інструментів: спочатку уніфікуються конструктивні елементи, а потім на їх базі — інструмент. Необхідною умовою уніфікації конструктивних елементів, різального і вимірювального інструментів є систематизація і аналіз даних вживаності типорозмірів конструктивних елементів і відповідних ним інструментів. Аналіз проводять з метою впорядкування номенклатури розмірних характеристик кожного конструктивного елементу і забезпечення взаємної ув'язки цих характеристик з відповідними характеристиками різального і вимірювального інструменту.

Особливе місце в заводській стандартизації займає уніфікація заготовок, з якою пов'язане збільшення партій заготовок у заготівельних і ливарних цехах. Будь-який з прогресивних методів здобуття заготовок, будь то литво за моделями, що виплавляються, машинне формування в ливарних цехах, гаряче і холодне штампування і т. д., передбачає наявність дорогого оснащення. Скорочення оснащення для заготівельних цехів особливо в дрібносерійному виробництві за рахунок уніфікації заготовок при одночасному збільшенні коефіцієнта оснащення заготівельних

операцій є необхідною умовою. Уніфікація заготовок тісно пов'язана з підвищенням коефіцієнта використання металу і якості готових деталей.

Уніфікація різьб також зменшує їх номенклатуру у виробі, що значною мірою полегшує умови його ремонту і експлуатації.

Вельми важливу роль в технологічному вдосконаленні конструкції деталі і складальній одиниці відводять уніфікації отворів. Проте і тут необхідно насамперед забезпечити комплексність проведення уніфікації. Скорочення номенклатури отворів тягне за собою скорочення кількості свердел, зенкерів, розгорток, а також різьб, болтів, гвинтів, заклепок і інших деталей та інструментів.

Наступним етапом у процесі уніфікації є синтез уніфікованих конструкцій, під якими розуміють створення таких конструкцій, де основні параметри, приєднувальні розміри і інші характеристики знаходяться відповідно до прийнятих рядів значень цих характеристик.

Найбільш простий метод уніфікації деталей і агрегатів загальномашинобудівного призначення полягає в заміні групи близьких за конструкцією і розмірами типів одним оптимальним типорозміром, використання якого не пов'язане з істотними труднощами в якій-небудь сфері застосування. Цей метод широко використовують для деталей і вузлів машин з обмеженим числом параметрів, що визначають їх конструкцію (шайби, гвинти, болти, гайки, ущільнення, муфти і інш.)

Приводні ланцюги, клинові ремені, більшість кріпильних деталей, арматури, багато уніфікованих деталей і складальні одиниці виготовляють на спеціалізованих заводах. Це дає можливість і підвищити якість деталей. Наприклад, трудомісткість виготовлення болтів і гайок на спеціалізованому підприємстві в 10 разів нижча, ніж на неспеціалізованому.

Спеціалізація на базі уніфікації дозволяє:

- скоротити терміни проектування і поліпшити якість продукції;
- скоротити терміни підготовки виробництва;
- підвищити продуктивність праці, понизити собівартість;
- поліпшити якість ремонту, підвищити продуктивність праці при ремонті;
- уніфікація типів виробів сприяє скороченню різноманітності виробів.

Симпліфікація – форма стандартизації, мета якої зменшити число типів або інших різновидів виробів до числа, достатнього для задоволення потреб, що існують зараз. Таке визначення дане ISO/СТАКО. При симпліфікації зазвичай виключають різновиди виробів, їх складових частин і деталей, які не є необхідними. До об'єктів симпліфікації не вносять які-небудь технічні удосконалення.

Типізація конструкцій виробів – розробка і встановлення типових конструкцій, що містять конструктивні параметри, спільні для виробів, складальних одиниць і деталей. При типізації не лише аналізують вже існуючі типи і типорозміри виробів, їх складові частини і деталі, але і розробляють нові, перспективні, такі, що враховують досягнення науки і техніки і розвиток промисловості. Часто результатом є встановлення відповідних рядів виробів, їх складових частин і деталей.

Типізація технологічних процесів – розробка і встановлення технологічного процесу для виробництва однотипних деталей або збирання однотипних складових частин або виробів тієї чи іншої класифікаційної групи. Типізація технологічних процесів повинна передувати роботі по класифікації деталей, складальних одиниць і виробів і встановлення типових представників, які мають найбільше числом ознак, характерних для деталей, складальних одиниць і виробів даної класифікаційної групи.

1.11 Агрегування машин і інших виробів

Агрегування – принцип створення машин, устаткування, приладів і інших виробів з уніфікованих стандартних агрегатів встановлюваних у виріб в різному числі і комбінаціях. Ці агрегати повинні мати повну взаємозамінність за всіма експлуатаційними показниками і приєднувальними розмірами. Виділення агрегатів виконують на основі кінематичного аналізу машин і їх складових частин з урахуванням застосування їх в інших машинах. При цьому прагнуть, щоб з мінімального числа типорозмірів автономних агрегатів можна було створити максимальне число компоновок устаткування.

Великого поширення набули агрегатні верстати, оскільки при зміні об'єкту виробництва їх легко розібрати і з тих же агрегатів збирати нові верстати для обробки інших деталей з необхідною точністю.

Введена єдина система уніфікованих вузлів агрегатних верстатів і автоматичних ліній, що виготовляються централізовано. Одночасно розроблений і успішно упроваджується комплекс державних стандартів, що регламентують основні і приєднувальні розміри, норми точності і жорсткості уніфікованих вузлів, які входять в систему. На основі цієї системи на Харківському заводі агрегатних верстатів вже виготовляють переналагоджувані агрегатні верстати.

На основі широкого впровадження агрегатних уніфікованих вузлів, а також елементів затискних пристосувань створені типові уніфіковані компоновки основних типів агрегатних верстатів, що регламентують розташування і розмірну прив'язку всіх основних вузлів і агрегатів. Це дозволило розробити типові електричні, гідравлічні і пневматичні схеми, а так само системи охолодження і мастила. Рівень уніфікації в типових компоновках близько 90%.

Принцип уніфікації і агрегування є обов'язковим при розробці стандартів на все нове устаткування.

Наочним прикладом застосування принципу агрегування є також система універсально-збірних пристосувань (УЗП). Також пристосування komponують з остаточно і точно оброблених взаємозамінних елементів: косинців, стійок, призм, опор, прихватів, затисків, кріпильних деталей і ін. Систему УЗП широко використовують на дослідних заводах і в умовах мало- і середньосерійного виробництва, тобто там, де конструювання і виготовлення неопрацьованих пристосувань економічно не вигідне. За допомогою УЗП збирають пристосування для фрезерних, свердловальних, розточувальних, зварювальних, складальних, контрольних і інших операцій. Час, витрачений на збирання УЗП, як правило, компенсується при обробці перших двох-трьох деталей. Елементи УЗП можуть служити 6-10 років.

Методи агрегування:

- метод секціонування;
- метод базового агрегату;
- метод паралельного поєднання;
- метод модифікації.

1.12 Комплексна і випереджувальна стандартизація

Комплексна стандартизація (КС) – це стандартизація, при якій здійснюється цілеспрямоване і планомірне встановлення і

застосування системи взаємозв'язаних вимог як до самого об'єкту КС в цілому і його основних елементів, так і до матеріальних і нематеріальних чинників, що впливають на об'єкт, з метою забезпечення оптимального вирішення конкретної проблеми. Отже, суть КС слід розуміти як систематизацію, оптимізацію і ув'язку всіх взаємодіючих чинників, що забезпечують економічно оптимальний рівень якості продукції в необхідні терміни. До основних чинників, що визначають якість машин і інших виробів, ефективність їх виробництва і експлуатації, відносяться: досконалість конструкцій і методів проектування і розрахунку машин (їх складових частин і деталей) на міцність, надійність і точність; якість вживаної сировини, матеріалів, напівфабрикатів, купованих і отримуваних по кооперації виробів; ступінь уніфікації, агрегування і стандартизації; рівень технології і засобів виробництва, контролю і випробувань; рівень взаємозамінності, організації виробництва і експлуатації машин. Схема об'єктів комплексної стандартизації наведена на рисунку 1.2.

Для забезпечення високої якості машин необхідна оптимізація вказаних чинників і суворе взаємне узгодженість вимог до якості як при проектуванні, так і на етапах виробництва і експлуатації.

Велике значення у справі підвищення якості промислової продукції має КС норм проектування (системи допусків і посадок, профілі різі і зубів, зірочок до приводних ланцюгів і т.д.; методи розрахунку на міцність, точність; термінів, оформлень креслень деталей і вузлів, методів і засобів контролю і випробувань і інш.)

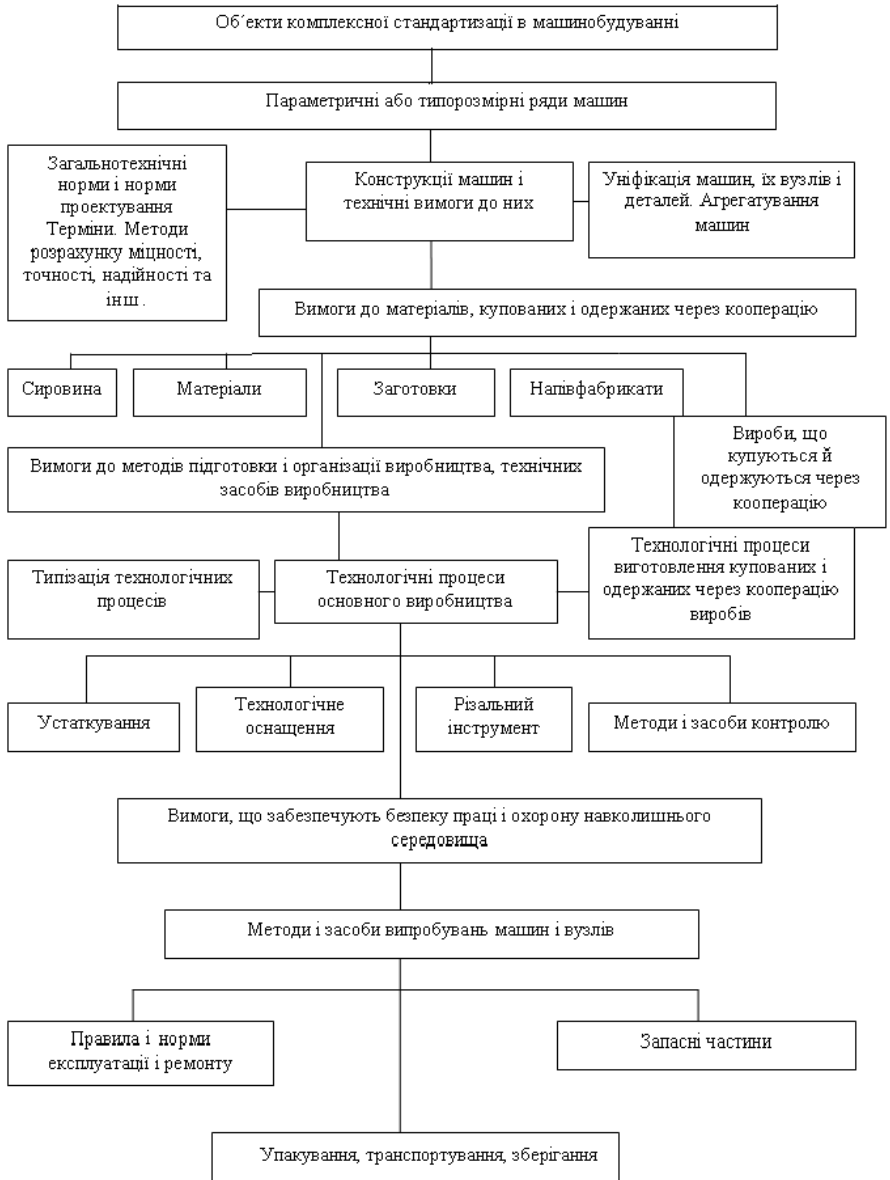


Рисунок 1.2 – Схема об'єктів комплексної стандартизації

Темпи науково-технічної революції ХХ століття привели до різкого скорочення часу між появою наукової ідеї та її реалізацією. Так, для радіо період втілення ідеї в практику дорівнював приблизно 35 рокам (1867-1902 гг.), для телебачення – 14 років (1922-1936 гг.), для транзисторів – 5 років (1948-1953 гг.), сонячних батарей – 2 роки, лазера – 1 рік. Цей процес прискореного розвитку стосується як конструкції машин і інших виробів, так і методів, засобів виробництва, нових матеріалів. Термін морального старіння устаткування, приладів і механізмів скоротився, що викликало швидшу їх зміну. Критерієм зняття з виробництва виробу, що випускається, є економічні переваги виробництва і експлуатації нового виробу того ж призначення, його великі технічні можливості, кращі ергономічні і інші показники.

Розробляючи стандарти, необхідно аналізувати тенденції і прогнозувати розвиток відповідних галузей і, як наслідок, машин і виробів, тобто стандарти мають бути випереджувальними. При розробці стандартів необхідно враховувати результати дослідницьких і конструкторських робіт, патентну інформацію, світову технічну літературу і досвід промисловості. Стандартизація не може випереджати наукові і технічні відкриття, які є результатом науково-дослідних робіт, але вона має ґрунтуватися на них, прискорюючи процес їх широкого впровадження у промисловість.

Випереджувальна стандартизація – це стандартизація, що полягає у встановленні підвищених по відношенню до вже досягнутого на практиці рівня норм, вимог до об'єктів стандартизації, які згідно з прогнозами будуть оптимальними в подальший планований час. Випередження може відноситися як до виробу в цілому, так і до найбільш важливих параметрів і показників його якості, методів і засобів виробництва, випробування і контролю і т. д.

Випереджувальні стандарти можуть бути державними, галузевими, заводськими, регіональними.

2 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ І СИСТЕМИ ДОПУСКІВ І ПОСАДОК

2.1 Поняття про взаємозамінність і її види

Взаємозамінність – властивість незалежно виготовлених із заданою точністю деталей забезпечувати можливість без пригінної їх збірки у вузли і вузлів у виріб, а в разі ремонту безпригінної заміни деталей або вузлів, за умови збереження експлуатаційних вимог, що ставляться до виробу.

Взаємозамінність прослідковується на всіх життєвих циклах виробу від його проектування до експлуатації.

1. При проектуванні виробів слід прагнути: до використання стандартизованих вузлів і деталей, до обґрунтованої вимоги точності виконання розмірів і вибору матеріалу.

2 У процесі підготовки і організації виробництва планувати використання стандартного різального і вимірювального інструменту і уніфікованого оснащення.

3 У процесі експлуатації машин інколи виникає потреба в їх ремонті. У машинах, виконаних з дотриманням вимог взаємозамінності і стандартизації, ремонт зводиться до заміни зношених або поламаних деталей новими, без підгінних робіт.

Взаємозамінними можуть бути деталі, окремі вузли або вироби в цілому. Вимоги до взаємозамінності деталей, вузлів і виробів будуть різні.

Для окремих деталей взаємозамінність забезпечується заданою точністю геометричних, механічних, фізичних і інших параметрів.

Для вузлів найбільш характерною є взаємозамінність за приєднувальними поверхнями і функціональними параметрами, що впливають на експлуатаційні показники виробу.

Для виробів взаємозамінність визначається експлуатаційними показниками і габаритними розмірами.

Розрізняють такі форми взаємозамінності; повну, неповну, зовнішню, внутрішню і функціональну.

Повна взаємозамінність – це взаємозамінність за механічними, геометричними, електричними та іншими параметрами, якими можна охарактеризувати деталь або виріб. Повна взаємозамінність має такі переваги:

- процес збирання спрощується і зводиться до простого з'єднання деталей, що не вимагає від робітників високої кваліфікації;
- складальний процес точно нормується, легко укладається у встановлюваний темп роботи і може бути автоматизований;
- допускається вузька спеціалізація виробництва. Це дає можливість заводу-постачальнику випускати обмежену номенклатуру уніфікованих виробів при високому ступені автоматизації виробництва і, відповідно, нижчій собівартості продукції;
- спрощується ремонт виробів.

Повна взаємозамінність економічно доцільна при виготовленні деталей не точніше 6 квалітету. Для досягнення вищої точності виробів в умовах масового виробництва використовують неповну взаємозамінність (обмежену).

Неповна взаємозамінність – це взаємозамінність, що допускає груповий підбір деталей, пригін і доводку деталей за деякими геометричними параметрами, вживання компенсаторів, регулювання.

Прикладом неповної взаємозамінності є збирання радіальних кулькових підшипників, в яких основним монтажним елементом є радіальний зазор 0,001 – 0,005 мм. Для забезпечення необхідної точності, в умовах повної взаємозамінності кульки і кільця необхідно виготовляти з точністю практично недосяжною в умовах масового виробництва і економічно недоцільною.

Забезпечити задану точність збирання без значного підвищення точності виготовлення можна, використовуючи селективне збирання, при якому виготовлені кульки і кільця сортуються по групах, а потім проводиться збирання з деталей з близькими розмірами. При цьому взаємозамінними будуть лише деталі з однойменних груп.

Зовнішня взаємозамінність – це взаємозамінність вузлів виробів за розмірами і формою приєднувальних поверхонь. Прикладом може служити взаємозамінність підшипників кочення, яка здійснюється по зовнішньому діаметру зовнішнього кільця, внутрішньому діаметру внутрішнього кільця і ширині кілець.

Внутрішня взаємозамінність – це взаємозамінність окремих деталей, що входять у вузол, або вузлів і механізмів, що входять у виріб. Наприклад, взаємозамінність кульок, що входять як складальні деталі в конкретний підшипник.

Функціональна взаємозамінність – це взаємозамінність, при якій забезпечуються в заданих межах економічно оптимальні

експлуатаційні показники всіх однотипних виробів. Функціональна взаємозамінність, як і будь-яка з тих, що розглядалися раніше, забезпечується дотриманням геометричних, механічних, електричних, хімічних і інших параметрів. З повного переліку параметрів, якими характеризується виріб, слід виділити параметри виробів, що впливають на експлуатаційні показники, в заданих умовах експлуатації і назвати їх функціональними, щоб підкреслити їх органічний зв'язок зі службовими функціями деталей і вузлів машин. Функціональна взаємозамінність поширюється на конструювання, виготовлення, контроль і експлуатацію деталей і виробів. Відхилення допустимих експлуатаційних показників визначаються шляхом аналітичного або експериментального дослідження і можливі зміни цих параметрів в процесі тривалої експлуатації обумовлюються. Встановлюється термін служби виробу. Як приклад функціональної взаємозамінності можна розглянути взаємозамінність електродвигуна. Функціональними параметрами, за якими оцінюватиметься можливість взаємозамінності, будуть: потужність, частота обертання, рід струму, $\cos\phi$ і приєднані розміри. Такі, на перший погляд, важливі моменти, як конструкція якоря, статора, корпуса електродвигуна, тип підшипників при функціональній взаємозамінності електродвигунів відіграють другорядну роль і до уваги можуть не братися.

Рівень взаємозамінності характеризується коефіцієнтом взаємозамінності:

$$K_{вз} = \frac{T_{вз}}{T_{вир}} \leq 1 \quad (2.1)$$

де $T_{вз}$ – трудомісткість виготовлення взаємозаміни деталей в виробі;

$T_{вир}$ – трудомісткість виготовлення всього виробу.

2.2 Основні терміни і визначення

Основні терміни і визначення регламентуються ДСТУ 2500-95 (ДСТУ ISO 286-1-2002).

Розмір – числове значення лінійної величини у вибраних одиницях виміру.

Розміри можуть бути:

- такі, що визначають величину і форму деталі;
- координуючі (положення осей щодо бази);
- складальні;
- монтажні;
- габаритні.

Окрім цього, розміри поділяються на такі, що охоплюють, і ті, що є охоплюваними.

Охоплюючі розміри прийнято називати отворами.

Отвір - це термін, призначений для позначення внутрішніх (що охоплюють) елементів деталей (рисунок 2.1).

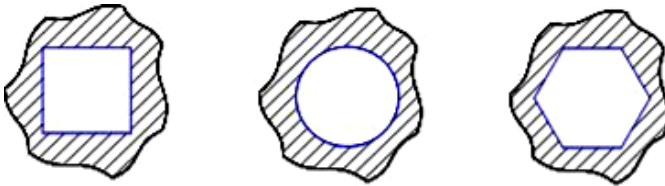


Рисунок 2.1 – Отвори

Охоплювані розміри прийнято називати валами.

Вал – це термін, призначений для позначення зовнішніх (охоплюваних) елементів деталей (рисунок 2.2).

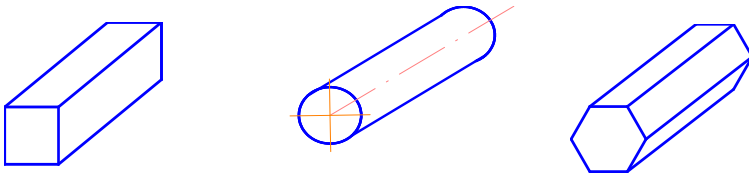


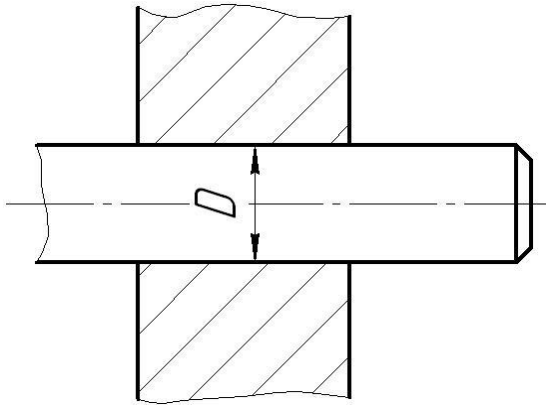
Рисунок 2.2 – Вали

Розрізняють номінальний, дійсний і граничні розміри.

Отвір і вал, як складові з'єднання, повинні мати спільний розмір. Цей розмір прийнято називати *номінальним* розміром з'єднання (рисунок 2.3). Відносно нього визначаються граничні розміри і він слугує початком відліку відхилень.

Номінальний розмір може бути отриманий розрахунковим шляхом або виходячи з конструктивних міркувань. Розмір, отриманий розрахунковим шляхом, має бути округлений у бік його

збільшення до найближчого числа вибраного з ряду переважних чисел.



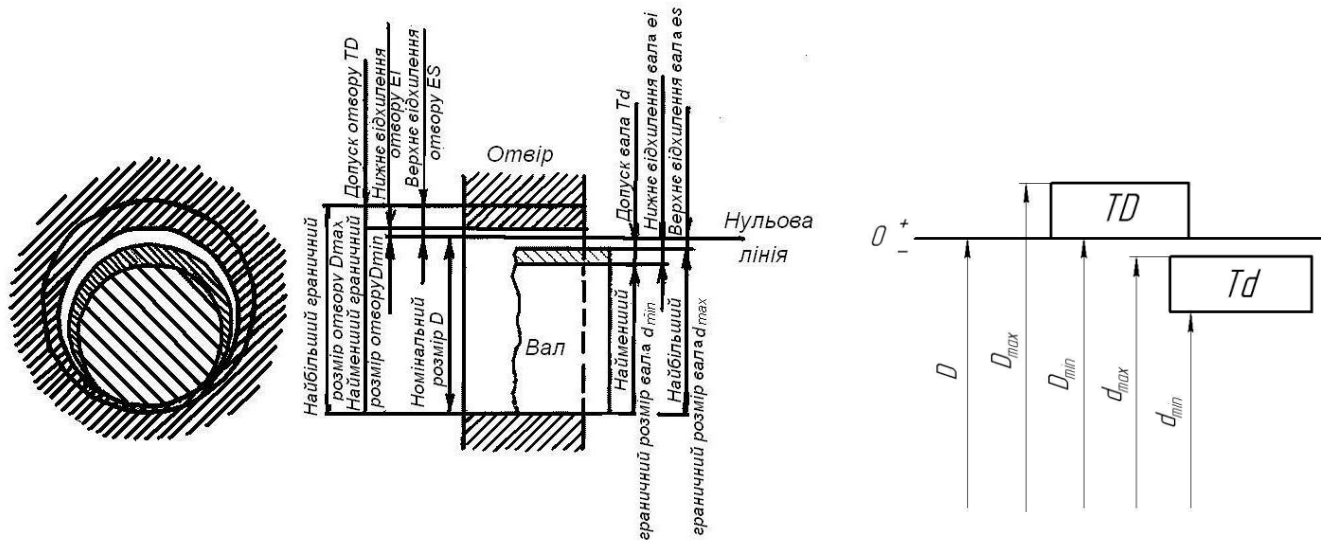
D – номінальний розмір

Рисунок 2.3 – З'єднання двох деталей

Дійсний розмір – розмір, установлений виміром з допустимою похибкою.

Виготовлення деталей з абсолютно однаковими розмірами економічно не виправдане. У зв'язку з цим допускаються гранично допустимі відхилення дійсного розміру деталі від номінальної величини, при яких зберігаються експлуатаційні характеристики виробу (рисунок 2.4).

Граничні розміри – два гранично допустимі розміри, між якими повинен знаходитися дійсний розмір придатної деталі (D_{\max} , D_{\min} , d_{\max} і d_{\min}).



D - номінальний розмір;
 D_{max} - найбільший граничний розмір отвору;
 d_{max} - найбільший граничний розмір вала;
 D_{min} - найменший граничний розмір отвору;
 d_{min} - найменший граничний розмір вала.

TD - допуск отвору;
 Td - допуск вала;
 ES - верхнє відхилення отвору;
 EI - нижнє відхилення отвору;
 es - верхнє відхилення вала;
 ei - нижнє відхилення вала.

Рисунок 2.4 – Схематичне зображення деталей в з'єднанні

Допуск задається на виготовлення розміру і повинен взагалі більш-менш рівномірно розподілятися по обидва боки деталі. Ми навмисно змальовуємо його зміщеним, щоб наочніше показати, звідки виходить при графічному зображенні допуск на розмір.

Розмір деталі виконано правильно, якщо її дійсний розмір більший від найменшого граничного розміру або дорівнює йому, але менший від найбільшого граничного розміру або дорівнює йому, тобто витриманий (розташований) між двома допустимими граничними розмірами, різниця між якими утворює допуск.

Вказувати на кресленнях граничні розміри незручно у зв'язку з їх громіздкістю. Тому для спрощення форми запису розмірів і на кресленнях записуються не граничні розміри деталей, а їх номінальні розміри з допустимими відхиленнями.

Нульова лінія – лінія, що відповідає номінальному розміру, від якої відкладаються відхилення розмірів при графічному зображенні полів допусків і посадок.

Граничні відхилення отвору або вала вказуються зі знаками: плюс - коли граничний розмір більший від номінального і мінус - коли граничний розмір менший від номінального.

Якщо нульова лінія розташована горизонтально, то позитивні відхилення відкладаються вгору від неї, а негативні – вниз (рисунки 2.5).

Граничне відхилення – алгебраїчна різниця між граничними і номінальним розмірами.

Верхнє відхилення – це алгебраїчна різниця між найбільшим граничним і номінальним розмірами.

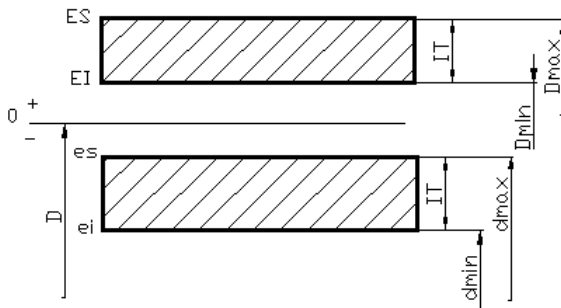


Рисунок 2.5 – Схематичне зображення полів допусків

IT - позначення поля допуску в міжнародній системі допусків (ISO)

Верхнє відхилення отвору, ES (ecart superieur):

$$ES = D_{\max} - D \quad (2.2)$$

Верхнє відхилення вала, es:

$$es = d_{\max} - D. \quad (2.3)$$

Нижнє відхилення – алгебраїчна різниця між найменшим граничним і номінальним розмірами.

Нижнє відхилення отвору, EI (ecart interieur):

$$EI = D_{\min} - D; \quad (2.4)$$

Нижнє відхилення вала, ei:

$$ei = d_{\min} - D. \quad (2.5)$$

Допуск (Tolerans) – різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами деталі або абсолютна величина алгебраїчної різниці між верхнім і нижнім відхиленнями.

$$\text{- допуск отвору } IT = D_{\max} - D_{\min} \quad IT = ES - EI \quad (2.6)$$

$$\text{- допуск вала } IT = d_{\max} - d_{\min} \quad IT = es - ei \quad (2.7)$$

Граничний розмір деталі дорівнює сумі номінального розміру і відповідного граничного відхилення, але зі своїм знаком:

- найбільший граничний розмір:

$$\text{отвору} - D_{\max} = D + ES \quad (2.8)$$

$$\text{вала} - d_{\max} = D + es \quad (2.9)$$

- найменший граничний розмір:

$$\text{отвору} - D_{\min} = D + EI \quad (2.10)$$

$$\text{вала} - d_{\min} = D + ei \quad (2.11)$$

Виготовлені із заданою точністю деталі збираються у вузли з різною свободою відносного переміщення деталей у з'єднанні або різним ступенем опору їх взаємного зміщення, тобто з різним характером спряження.

Характер з'єднання двох деталей, який визначається величиною зазорів і натягів у ньому називається *посадкою*.

Поверхні, по яких відбувається з'єднання деталей, називаються *спряженими*. Решта поверхонь називаються вільними. Допуск встановлюється на виготовлення як спряжених поверхонь, так і вільних, а посадка може бути задана лише для спряжених поверхонь. Розрізняють посадки: з зазором; з натягом або перехідні.

Посадка з зазором – посадка, за якою завжди утворюється зазор у з'єднанні за умови, що розмір отвору більший від розміру вала. При схематичному зображенні посадки поле допуску отвору розташоване над полем допуску вала (рисунок 2.6).

Найменший зазор:

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

$$S_{\min} = EI - es.$$

Найбільший зазор:

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

$$S_{\max} = ES - ei.$$

Середній зазор:

$$S_{\text{cp}} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}$$

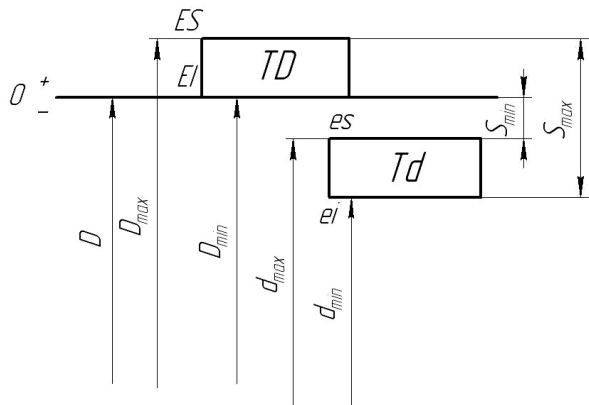


Рисунок 2.6 – Схематичне зображення полів допусків посадки із зазором

Зазор – різниця розмірів отвору і вала до складання, якщо розмір отвору більший від розміру вала.

Посадку із зазором характеризує три види зазорів:

Точність посадки оцінюється допуском, який дорівнює сумі допусків отвору і вала

$$T_{\Pi} = TD + Td \quad (2.12)$$

Для посадки з зазором допуск посадки (TS) визначається як різниця між найбільшим і найменшим зазорами.

$$Ts = S_{\max} - S_{\min} \quad (2.13)$$

Посадка з натягом – посадка, за якою завжди забезпечується натяг у з'єднанні за умови, що розмір вала більший від розміру отвору до складання. При схематичному зображенні посадки поле допуску вала розташоване над полем допуску отвору (рисунок 2.7).

Натяг - різниця розмірів вала і отвору до складання, якщо розмір вала більший від розміру отвору.

Посадку з натягом характеризує три види натягу:

Найменший натяг

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}$$

$$N_{\min} = ei - ES$$

Найбільший натяг

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$$

$$N_{\max} = es - EI$$

Середній натяг

$$N_{\text{cp}} = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2}$$

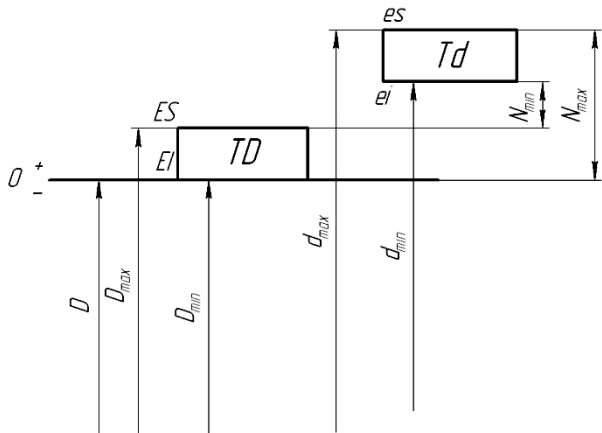


Рисунок 2.7 – Схематичне зображення полів допусків посадки з натягом

Допуск посадки з натягом (TN) – це різниця між найбільшим і найменшим натягом:

$$TN = N_{\max} - N_{\min} \quad (2.14)$$

Перехідна посадка – посадка, за якою в з’єднанні можливе отримання, як зазору, так і натягу в залежності від дійсних розмірів отвору і вала. (Поля допусків отвору і вала перекриваються повністю або частково, рисунок 2.8).

Експлуатаційними показниками перехідної посадки служать максимальні значення зазору і натягу.

Допуск перехідної посадки:

$$T_{\text{пер}}(TS, TN) = S_{\max} + N_{\max} \quad (2.15)$$

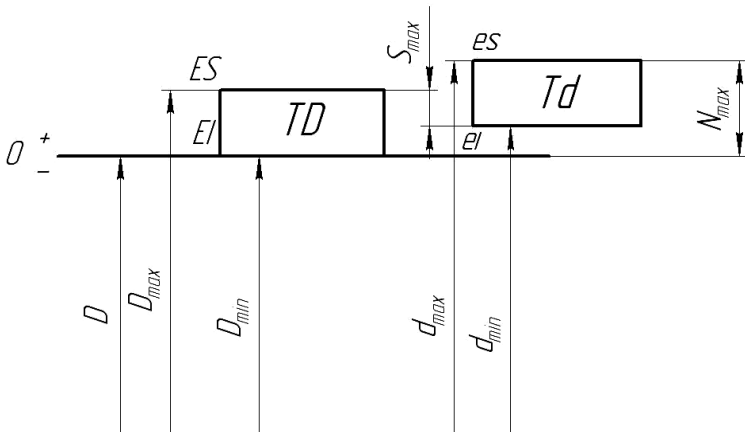


Рисунок 2.8 – Схематичне зображення полів допусків посадки перехідної

2.3 Система допусків і посадок

Системою допусків і посадок називається сукупність рядів допусків і посадок, закономірно побудованих на основі досвіду, теоретичних і експериментальних досліджень і оформлених у вигляді стандартів.

Змінюючи величину допуску для отвору і вала або розташування полів допусків отворів і валів щодо номінального розміру, ми можемо варіювати величинами зазорів і натягу в з’єднанні.

З метою впорядкування величин допусків на виготовлення деталей, а також величин зазорів і натягів, розроблена міжнародна система допусків і посадок для гладких з'єднань.

На сьогодні в більшості країн світу і в Україні використовують міжнародні системи допусків і посадок (ISO). Системи ISO створені для можливої уніфікації національних систем допусків і посадок і полегшення міжнародних технічних зв'язків. Включення в національні стандарти стандартів і рекомендацій ISO створює передумови взаємозамінності однотипних деталей, що випускаються в різних країнах.

В основу побудови системи допусків і посадок покладено шість ознак:

1 Основа системи.

2 Розташування полів допусків основної деталі відносно нульової лінії.

3 Ряди основних відхилень.

4 Формування допуску:

- квалітет (ступінь точності);

- одиниця допуску.

5 Градація інтервалів розмірів.

6 Нормальна температура .

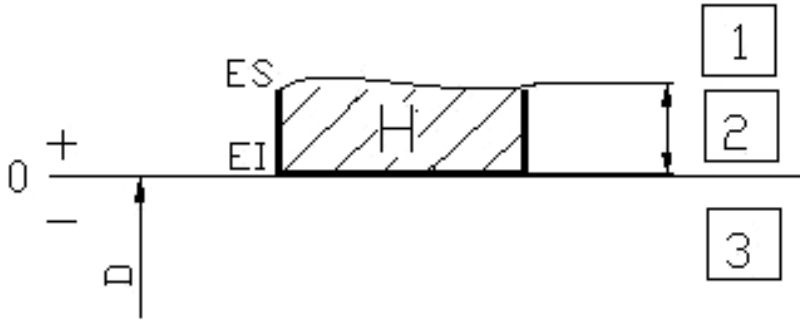
Основа системи.

Встановлено дві рівноправні системи: система отвору і система вала.

Системою отвору (СА) називають сукупність посадок, при яких для заданого номінального розміру розташування поля допуску отвору залишається незмінним, а характер з'єднання деталей міняється за рахунок зміни розташування поля допуску вала.

Посадки в системі отвору - посадки, в яких різні зазори і натяги отримують з'єднанням різних валів з основним отвором (рисунок 2.9).

Основний отвір – отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю. Позначається буквою *H* латинського алфавіту. Поле допуску основного отвору прилягає до номінального розміру нижнім відхиленням (*EI*) і поширюється в плюс від номінального розміру, в тіло деталі.



1 – поле допуску вала для формування посадки з гарантованим натягом; 2 – поле допуску вала для формування перехідної посадки; 3 – поля допуску вала для формування посадки з гарантованим зазором.

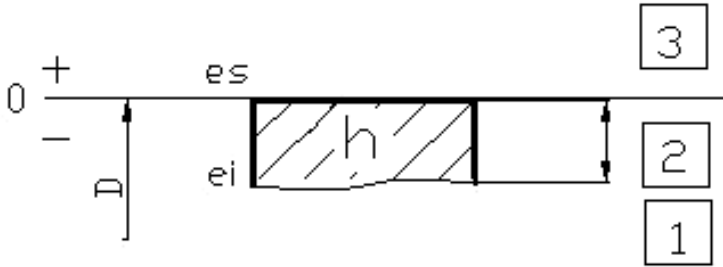
Рисунок 2.9 – Розташування полів допусків у системі отвору

Системою вала (СВ) називають сукупність посадок, при яких для заданого номінального розміру розташування поля допуску вала залишається незмінним, а характер з'єднання деталей змінюється за рахунок зміни розташування поля допуску отвору.

Посадки в системі вала – посадки, в яких різні зазори і натяги отримують з'єднанням різних отворів з основним валом (рисунок 2.10).

Основний вал – вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю, позначається буквою h . Поле допуску основного валу прилягає до номінального розміру верхнім відхиленням і поширюється в мінус від номінального розміру в тіло деталі.

Посадки з однаковим характером з'єднання для заданого номінального розміру можна отримати як у системі отвору, так і в системі вала.



1 – поле допуску отвору для формування посадки з гарантованим натягом; 2 – поле допуску отвору для формування перехідної посадки; 3 – поле допуску отвору для формування посадки з гарантованим зазором.

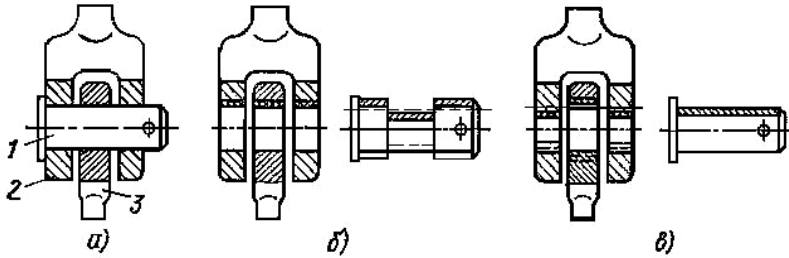
Рисунок 2.10 – Розташування полів допусків у системі вала

Вибір системи отвору або системи вала для заданого характеру з'єднання визначається, виходячи з конструктивних, технологічних і економічних міркувань.

Система отвору є переважною, оскільки номенклатура різального і вимірювального інструментів буде меншою, ніж у разі застосування системи вала.

Так, у серійному і масовому виробництвах для обробки отворів використовують свердла, зенкери, розгортки, протяжки і ін. Кожен з перелічених інструментів може бути призначений для обробки отворів лише одного розміру, тоді як різні за діаметром вали можна обробляти одним і тим же різцем або шліфувальним кругом. Вибираючи систему отвору, ми маємо можливість зменшити номенклатуру інструменту. У зв'язку з цим використання системи отвору економічно доцільніше і при виборі основи системи їй слід надавати перевагу.

Проте в деяких випадках, виходячи з конструктивних міркувань, використовують систему вала. Розглянемо приклад з'єднання трьох деталей (рисунок 2.11).



1 – вісь, 2 – вилка, 3 – тяга; а) вузол у зборі; б) розташування полів допусків при застосуванні системи отвору; в) розташування полів допусків при застосуванні системи вала

Рисунок 2.11 – З'єднання деталей

У з'єднанні осі 1 з тягою 3 має бути посадка з зазором, а в з'єднанні осі 1 з вилкою 2 – з натягом. При виборі системи отвору всі три отвори будуть виконані однаково, а для забезпечення різних посадок у з'єднаннях осі з вилкою і осі з тягою, вісь доведеться робити ступінчастою, що є нетехнологічним. Прийнятнішим у цьому випадку буде застосування системи вала.

В окремих випадках деталі типу осей або валів можуть виготовлятися з каліброваного круглого прокату і не оброблятися по зовнішньому діаметру. У з'єднанні з такими деталями доцільне використання системи вала.

Приєднувальні розміри деяких стандартних виробів: зовнішній діаметр підшипника, зів гайкового ключа, вихідний вал електродвигуна і інше – виконуються в системі вала.

Ряди основних відхилень.

Міжнародною системою допусків і посадок для кожного номінального розміру деталі передбачено два граничні відхилення – верхнє і нижнє. Розташування поля допуску щодо номінального розміру визначається основним відхиленням, за яке приймається одне з двох граничних відхилень деталі, розташоване ближче до нульової лінії. Для умовного позначення основних відхилень отворів і валів використовуються букви латинського алфавіту, прописні для отворів і рядкові для валів (рисунок 2.12).

Для кожного буквеного позначення абсолютна величина і знак основного відхилення вала визначаються за формулами, які наведено в таблиці 2.1.

Відхилення А - Н (а - h) призначені для утворення полів допусків у посадках із зазором, відхилення JS - N (js - n) – в перехідних посадках, відхилення P – ZC (p - zc) – в посадках з натягом.

Основні відхилення отворів побудовано так, щоб забезпечити посадки в системі вала аналогічно посадкам в системі отвору. Вони рівні за абсолютною величиною, протилежні за знаком і позначені тією ж буквою;

EI = - es... для отворів від А до Н

ES = - ei... для отворів від J до ZC

Винятки для деяких основних відхилень отворів обумовлені в стандарті ДСТ ISO 286-1-2002.

Формування допуску

Кожен розмір деталі характеризується номінальним розміром і необхідною точністю його виконання.

Допуск на виготовлення деталей однакового номінального розміру, але різного ступеня точності не може бути однаковим. Чим вища вимога до точності виготовлення деталей, тим меншою має бути величина допуску на його виконання.

Допуск на виготовлення деталей з різними номінальними розмірами, але при однакових вимогах до точності також не може бути однаковим. Для деталі з більшим номінальним розміром допуск має бути також більшим.

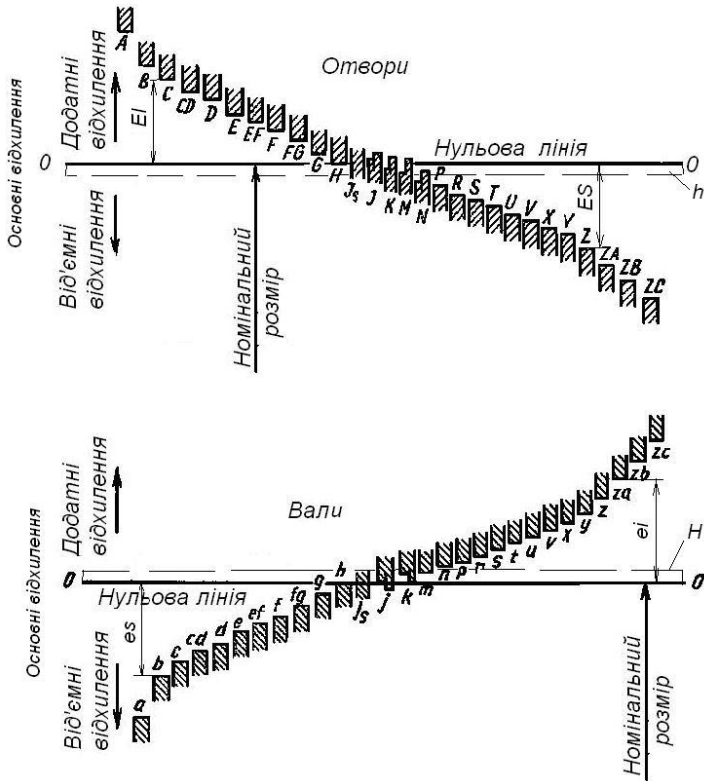
Отже, чисельне значення допуску на розмір деталі має бути функцією і номінального розміру, і необхідної точності виконання.

У міжнародному стандарті для обчислення допуску передбачена така залежність:

$$IT = i \cdot a \quad (2.16)$$

де i – одиниця допуску, яка, відображаючи вплив технологічних, конструкторських і метрологічних чинників, функціонально залежить від номінального розміру;

a – кількість одиниць допуску (коефіцієнт точності), яка функціонально залежить від необхідного ступеня точності.



- H - основне відхилення основного отвору;
 $a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g$ - основні відхилення валів рекомендуються для утворення посадок із зазором в системі отвору;
 js, j, k, m, n - основні відхилення валів рекомендуються для утворення посадок перехідних в системі отвору;
 $p, r, s, t, u, v, x, v, z, za, zb, zc$ - основні відхилення валів рекомендуються для утворення посадок з натягом в системі отвору;
 h - основне відхилення основного вала;
 $A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G$ - основні відхилення отворів що рекомендуються для утворення посадок із зазором в системі вала;
 J_s, J, K, M, N - основні відхилення отворів що рекомендуються для утворення посадок перехідних в системі вала;
 $P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC$ - основні відхилення отворів що рекомендуються для утворення посадок з натягом в системі вала.

Рисунок 2.12 – Схема розташування основних відхилень

Таблиця 2.1 – Формули для розрахунку основних відхилень валів

Верхнє відхилення - es		Нижнє відхилення - ei	
es - в мкм D - в мм		ei - в мкм D - в мм	
a	= $-(265+1,3D)$ для $D \leq 120$	От j5 до j8	формули немає
	= $-3,5D$ для $D > 120$	От k4 до k7	= $+0,6 \sqrt[3]{D}$
b	Приблизно рівний = $-(140+0,85D)$ для $D \leq 160$	к в квалитетах до 3 і понад 7	= 0
	Приблизно рівний = $-1,8D$ для $D > 180$	m	= $+ (IT7 - IT6)$
c	= $-52DD0,2$ для $D \leq 40$	n	= $+5D^{0,34}$
	= $-(95 + 0,8D)$ для $D > 40$	p	= $+IT7 + (0 (5))$
cd	Дорівнює середньоарифметичному значенню es для c і d	r	Дорівнює середньоарифметич- ному значенню ei для p і s
d	= $-16D0,44$	s	= $+IT8 + (1 \div 4)$ для $D \leq 50$
e	= $-11D0,41$		= $+IT7 + 0,4D$ для $D > 50$
ef	Дорівнює середньоарифметичному значенню es для e і f	t	= $+IT7 + 0,63D$
fg	Дорівнює середньоарифметичному значенню es для f і g	u	= $+IT7 + D$
		v	= $+IT7 + 1,25D$
g	= $-2,5D^{0,34}$	x	= $+ +IT7 + 1,6D$
h	= 0	y	= $+IT7 + 2D$
		z	= $+IT7 + 2,5D$
		za	= $+IT8 + 3,15D$
		zb	= $+IT9 + 4D$
		zc	= $+IT10 + 5D$

Для гладких з'єднань точність при виготовленні отворів і валів регламентується квалітетами.

Квалітет – сукупність допусків, яка характеризується постійною відносною точністю ($TD/D = const$) для всіх номінальних розмірів даного діапазону. Кожному квалітету відповідає певна кількість одиниць допуску – «а».

Величини допуску для отвору і вала одного і того ж номінального розміру і одного квалітету однакові.

ДСТУ 2500-94 для розмірів від 1 до 3150 мм передбачено 20 квалітетів, які позначаються порядковими номерами 01; 0; 1; ...; 18.

Рекомендована сфера застосування квалітетів:

0,1; 0; 1 – кінцеві заходи довжини;

2 - 4 – вимірвальний інструмент;

5 - 13 – розміри спряжуваних деталей у машинобудуванні;

5-6 – посадки підшипників прецизійних верстатів, з'єднання контрольних і робочих пристосувань;

7-8 – відповідальні з'єднання в автомобілебудуванні, верстатобудуванні, робочих пристосувань (посадки підшипників, центрування шестерень, шківів і інших деталей, що обертаються);

9-11 – менш відповідальні з'єднання (кришки підшипників, втулки дистанційні між шестернями на валах і інш.)

12-13 – з'єднання, які не вимагають центрування;

14-18 – вільні розміри.

Одиниця допуску – одиниця точності, що виражає залежність допуску від номінального розміру.

Обчислювати одиницю допуску для кожного номінального розміру недоцільно.

Для квалітетів від 5 до 18 і діаметрів від 1 до 500 мм одиниця допуску визначається з формули:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_{cp}} + 0,001D_{cp}, \quad (2.17)$$

де i - розрахункове значення одиниці допуску, в мкм;

D_{cp} - середньгеометрична величина інтервалу номінальних розмірів, в мм.

Для розмірів до 3мм - D_{cp} приймається рівним.

$$\text{Для діаметрів менше 1 мм - } i = 0,45 \times \sqrt[3]{D_{\text{cp}}} + \frac{0,02}{D_{\text{cp}} + 0,1}; \quad (2.18)$$

$$\text{Для діаметрів більше 500 мм - } i = 0,004 \times D_{\text{cp}} + 2,1. \quad (2.19)$$

Формули, за якими визначаються значення допусків для квалітетів від 5 до 18, наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Формули для визначення допусків у квалітетах від 5 до 18

Позначення допуску	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Формули допуску	7 <i>i</i>	10 <i>i</i>	16 <i>i</i>	25 <i>i</i>	40 <i>i</i>	64 <i>i</i>	100 <i>i</i>	160 <i>i</i>	250 <i>i</i>	400 <i>i</i>	640 <i>i</i>	1000 <i>i</i>	1600 <i>i</i>	2500 <i>i</i>

Обчислені за приведеними формулами значення допусків для номінального діаметру 16 мм наочно демонструють тенденцію збільшення допуску з коефіцієнтом $\varphi = 1,6$ для кожного наступного квалітету (таблиця. 2.3).

Таблиця 2.3 - Чисельні значення допусків.

Квалітет																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		11						16	17	18
IT для Ø16, в мкм	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700

З таблиці видно що, починаючи з 6 квалітету, допуск для кожного подальшого квалітету збільшується на 60%, а через кожних 4 квалітета збільшується в 10 разів.

Для найбільш відповідальних з'єднань допуск розраховується за формулами, наведеними в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Формули для обчислення допусків квалітетів 0,1; 0 і 1.

Позначення допуску	IT 01	IT 0	IT 1
Значення допуску	$0,3 + 0,008D_{cp}$	$0,5 + 0,012D_{cp}$	$0,8 + 0,020D_{cp}$

Значення допусків для квалітетів 2, 3, 4 приблизно є членами геометричної прогресії, першим і останнім членами якої є значення допусків 1 і 5 квалітетів.

$$IT_2 = \sqrt{IT_1 \cdot IT_3}; IT_3 = \sqrt{IT_2 \cdot IT_4}; IT_4 = \sqrt{IT_3 \cdot IT_5}. \quad (2.20)$$

Інтервали номінальних розмірів

У стандартах ISO і ДСТУ ISO 286-1-2002 для розмірів до 500 мм виділено 13 основних інтервалів і 22 проміжні, а для розмірів понад 500 мм до 3150 мм - 8 основних і 16 проміжних інтервалів (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 - Інтервали номінальних розмірів до 500 мм

Основні інтервали	Проміжні інтервали
1	2
Понад 0 до 3 включно	
Понад 3 до 6 включно	
Понад 6 до 10 включно	
Понад 10 до 18 включно	Понад 10 до 14 включно Понад 14 до 18 включно
Понад 18 до 30 включно	Понад 18 до 24 включно Понад 24 до 30 включно
Понад 30 до 50 включно	Понад 30 до 40 включно Понад 40 до 50 включно
Понад 50 до 80 включно	Понад 50 до 65 включно Понад 65 до 80 включно

Продовження таблиці 2.5	
1	2
Понад 80 до 120 включно	Понад 80 до 100 включно Понад 100 до 120 включно
Понад 120 до 180 включно	Понад 120 до 140 включно Понад 140 до 160 включно Понад 160 до 180 включно
Понад 180 до 250 включно	Понад 180 до 200 включно Понад 200 до 225 включно Понад 225 до 250 включно
Понад 250 до 315 включно	Понад 250 до 280 включно Понад 280 до 315 включно
Понад 315 до 400 включно	Понад 315 до 355 включно Понад 355 до 400 включно
Понад 400 до 500 включно	Понад 400 до 450 включно Понад 450 до 500 включно

За *нормальну температуру* в розрахунках посадок і при контролі відповідальних деталей прийнята температура 20°C. Тому допуски і відхилення, що вказуються в стандартах, відносяться до деталей, розміри яких визначено саме при цій температурі.

2.4 Утворення і позначення полів допусків і посадок на кресленнях

Допуски позначаються сполученням великих літер ІТ з порядковим номером квалітету, наприклад:

ІТ01, ІТ5, ІТ14.

Поле допуску деталі утворюється сполученням основного відхилення з допуском по одному з квалітетів, позначається сполученням літери (літер) основного відхилення і порядкового номера квалітету, наприклад:

g6, d7, H7, H14.

Схему утворення полів допусків деталей і посадок в системах отвору і вала, а також комбінованих посадок наведено на рисунку 2.13.

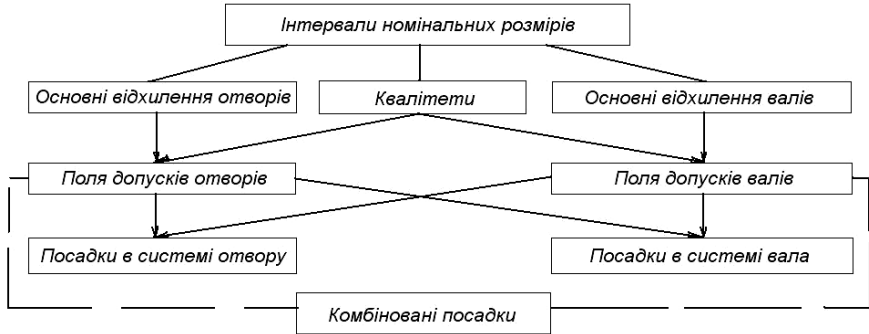


Рисунок 2.13 – Схема утворення полів допусків і посадок

Посадка позначається дробом, у чисельнику якого вказується позначення поля допуску отвору, а в знаменнику – позначення поля допуску вала, наприклад:

$$\frac{H7}{f6} \text{ або } H7/f6.$$

Позначення посадки вказується після номінального розміру посадки, наприклад:

$$40 \frac{H7}{f6} \text{ або } 40 H7/f6$$

На кресленнях деталей поля допусків можуть позначатися:
- буквеними позначеннями після номінального розміру елемента, наприклад:

$$40g6, \text{ } \varnothing 35r6, \text{ } \varnothing 40H7, \text{ } 50JS6;$$

- з указанням числових значень відхилень, наприклад:

$$40_{-0,025}^{-0,009}; \varnothing 35_{+0,034}^{+0,050}; \varnothing 40^{+0,025}; 50 \pm 0,008;$$

- буквеними і числовими позначеннями, наприклад:

$$40g6_{-0,025}^{(-0,009)}; \varnothing 35r6_{+0,034}^{(+0,050)}; \varnothing 40H7^{(+0,025)}.$$

2.5 Принципи і методи вибору допусків та посадок

При виборі допусків і посадок необхідно керуватися наступним.

Квалітет, допуск, посадка повинні вибиратись так, щоб виконувались експлуатаційно-конструктивні вимоги, чкі ставляться до вузла або машини в цілому, тобто щоб забезпечувалось їх функціональне призначення. Для цього потрібно знати і враховувати:

- необхідний характер з'єднання;
- експлуатаційні умови (вібрації, температура, змащування і інш.);
- забезпечення взаємозамінності;
- вартість виготовлення.

Підвищення надійності, довговічності машин потребує максимального наближення дійсних розмірів деталей до розрахункових. Однак ця вимога обмежується технологічними можливостями виготовлення деталей, а іноді й можливостями технічних вимірів. Обробка деталей за більш точним квалітетом потребує більших витрат на обладнання, інструмент, пристосування. Зі зменшенням допуску збільшується також імовірність появи браку. Виготовлення за розширеними допусками більш просте, не потребує точного обладнання, але знижує точність і довговічність машин. Тому перед конструктором завжди постає завдання – раціонально вирішити протиріччя між експлуатаційними вимогами і технологічними можливостями, виходячи в першу чергу з виконання експлуатаційних вимог.

Вибір посадок проводиться одним із трьох нижчевказаних методів.

Метод прецедентів, або аналогів – посадка вибирається за аналогією з посадкою в надійно працюючому вузлі аналогічного експлуатаційного призначення.

Метод подібності – посадка вибирається на підставі рекомендацій літературних джерел або галузевих технічних документів.

Розрахунковий метод – посадка розраховується на підставі напівемпіричних залежностей.

Початковими даними для розрахунку і призначення посадки беруться: номінальний розмір з'єднаних деталей, отриманих у результаті міцнісних розрахунків або графічної побудови, і експлуатаційні характеристики з'єднання.

У ДСТУ ISO 286-2-2002 встановлені рекомендовані посадки для всіх інтервалів розмірів. Для розмірів від 1 до 500мм встановлено 69 посадок спільного застосування в системі отвору, з яких 17 переважальних, і 61 посадка в системі вала, з яких 10 переважальних.

2.5.1 Розрахунок посадок із зазором

Посадки із зазором використовуються як у рухомих, так і в нерухомих з'єднаннях.

У рухомих з'єднаннях зазор служить для забезпечення відносної свободи переміщення з'єднаних деталей, розміщення шару мастила між третювими поверхнями компенсації погрішностей форми і розташування поверхонь або температурних деформацій.

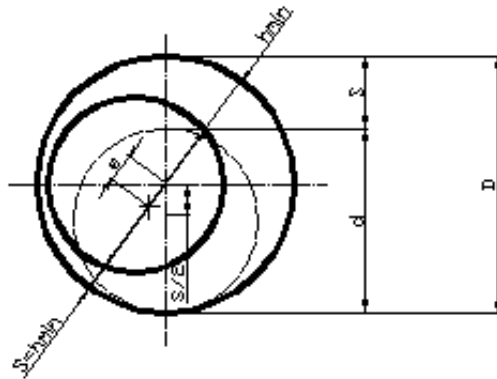
У нерухомих з'єднаннях зазор служить для забезпечення безперешкодного складання деталей, що особливо важливо при використанні змінних деталей, а також в умовах автоматизованого складання.

Найбільш відповідальним типом рухомих з'єднань є підшипники ковзання. Для забезпечення їх довговічності необхідні умови змащування, за якими не допускається розрив мастильного шару в зазорі між третювими поверхнями вала і отвору. В стані спокою вал лежить на поверхні втулки (рисунок 2.14). У робочому стані змащувальний матеріал захоплюється валом, що обертається, створюючи надлишковий тиск у зазорі між отвором і валом. Під впливом тиску мастила вал відривається від поверхні отвору і утворює зазор, в який проникає мастило. Найменша допустима величина мастильного шару

$$H_{\min} = \frac{S}{2} - e = \frac{S}{2} - \frac{xS}{2} = \frac{1}{2}S(1 - x) \quad (2.21)$$

При сталому режимі роботи настає рівновага між силами гідродинамічного тиску і навантаженням на вал, а положення вала щодо центру отвору характеризується абсолютним ексцентриситетом - e і відносним ексцентриситетом - $x = \frac{e}{S/2}$ (рисунок 2.14)

Для забезпечення рідинного тертя товщина мастильного шару в зазорі має бути більшою, ніж сума висот мікронерівностей отвору і вала складових з'єднання ($Rz_{\text{отв}} + Rz_{\text{вала}}$) плюс можливі похибки форми, розташування, вигину вала і додаткові. У додаткових похибках враховуються відхилення навантаження, швидкості і температури від розрахункових значень, можливі включення в мастилі та інші чинники.



D - діаметр отвору, d - діаметр вала, S_{\min} - мінімальний зазор, e - абсолютний ексцентриситет, x - відносний ексцентриситет.

Рисунок 2.14 – Схема положення цапфи вала в стані спокою і при сталому режимі роботи підшипника.

Величини мінімальних зазорів рекомендуються стандартом:

$$\text{для 6, 7, 8, 9, 10 квалітетів} \quad S_{\min} = \beta \sqrt{D}; \quad (2.22)$$

$$\text{для 11, 12, 13 квалітетів} \quad S_{\min} = \sqrt[3]{D} \cdot \beta \quad (2.23)$$

де β – коефіцієнт, залежний від посадки.

Максимально допустимий зазор у з'єднанні призначається виходячи з умов допустимого ексцентриситету. При цьому повинна дотримуватися умова: $S_{\max} \leq 2e - 1,2(Rz_{\text{отв}} + Rz_{\text{вала}})$ або $S_{\max} \leq 2e - 5(Ra_{\text{отв}} + Ra_{\text{вала}})$, де: $Rz_{\text{отв}}$, $Rz_{\text{вала}}$, $Ra_{\text{отв}}$, $Ra_{\text{вала}}$ – параметри шорсткості поверхні; e – абсолютний ексцентриситет.

У процесі експлуатації дійсний зазор у з'єднанні постійно збільшується. У початковий період зазор збільшується інтенсивніше за рахунок пластичної деформації і стирання вершин мікронерівності поверхні. При цьому площа «опорної» поверхні в підшипнику ковзання збільшується і питомий тиск на «контактній» поверхні знижується до розрахункової величини. У подальшій експлуатації зазор збільшується, поки не досягне величини $2e$, після чого знову починається інтенсивний знос.

Функціональними параметрами для посадок із зазором служать граничні значення зазору (S_{\min} і S_{\max}).

Конструктор, як правило, призначає граничні значення зазору, виходячи з умов розрахункового значення товщини мастильного шару в підшипниках ковзання, або з урахуванням досвіду використання аналогічних конструкцій, залежно від умов роботи вузла. Початковими даними для розрахунку посадки із зазором служать: D – номінальний діаметр з'єднання, S_{\min} – мінімальний зазор в з'єднанні, S_{\max} – максимальний зазор в з'єднанні.

Розрахунок посадки з зазором у системі отвору.

Розглянемо приклад розрахунку посадки для $D = 30$ з попередньо підрахованими граничними зазорами $S_{\min} \geq 0,010$; $S_{\max} \leq 0,065$.

1. Розраховуємо ступінь точності, достатню для забезпечення функціональних параметрів у заданому діапазоні.

Діапазон функціональних параметрів для посадок з гарантованим зазором визначається допуском зазору:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,065 - 0,010 = 0,055.$$

Допуск зазору можна розглядати як допуск посадки, який у свою чергу дорівнює сумі допусків отвору і валу складових з'єднання:

$$TS = T_{\Pi} = IT_D + IT_d. \quad (2.24)$$

Приймаючи однаковий ступінь точності для отвору і вала, обчислюємо допуск отвору і вала:

$$IT = TS / 2 = 0,055 / 2 = 0,0275 = 27,5 \text{ мкм.}$$

У таблиці допусків ДСТУ ISO 286-1-2002 для номінального діаметра 30 знаходимо значення допусків: у 6 квалітеті - $IT = 13 \text{ мкм.}$, у сьомому квалітеті - $IT = 21 \text{ мкм.}$ і у восьмому квалітеті - $IT = 33 \text{ мкм.}$ Найближче до розрахункового (менше) табличне значення допуску $IT = 21 \text{ мкм.}$ відповідає сьомому квалітету точності. Отже, посадку розраховуватимемо в сьомому квалітеті.

Ступінь точності також можна визначити за числовим значенням a - коефіцієнта, що визначає кількість одиниць допуску у формулі розрахунку допусків для діаметрів до 500мм. - $IT = i \cdot a$.

$$a = IT / i;$$

$$a = IT / (0,45 \times \sqrt[3]{D_{cp}} + 0,001D_{cp}) = 27,5 / (0,45 \times (\sqrt[3]{30} + 0,001 \times 30)) = 27,5 / 1,41 = 19,5.$$

Зіставляючи отриманий результат з числовими значеннями a таблиці 2.3, отримуємо 7 квалітет для отвору.

2. Даємо обґрунтування вибору основи системи.

Приймаємо, як переважну, систему отвору і отвір з основним відхиленням H в сьомому квалітеті - $\text{Ø}30H7$.

3. Вибираємо основне відхилення для вала.

У посадках з гарантованим зазором абсолютне значення основного відхилення деталі (для вала це верхнє відхилення - es) має бути більше або дорівнювати мінімальному зазору: $es \geq S_{\min} \geq /10 \text{ мкм.}$

З ДСТУ ISO 286-1-2002 вибираємо табличне значення основного відхилення вала і відповідне йому позначення.

Найближче відповідне йому позначення для вала з номінальним діаметром 30мм:

- основне відхилення g , дорівнює +7мкм;

- основне відхилення f , дорівнює +20мкм.

Якщо прийняти основне відхилення g , то величина мінімального зазору в з'єднанні буде меншою від гарантованого, що неприпустимо. Вибираємо вал з основним відхиленням f у сьомому квалітеті - $\varnothing 30 f7$.

4. Виконуємо розрахунок параметрів для з'єднання $\varnothing 30 \frac{H7}{f7}$.

З ГОСТ 25347-82, знаходимо граничні відхилення:

для отвору - $\varnothing 30H7$:

$$ES = +21 \text{ мкм} = +0,021 \text{ мм}$$

$$ES = 0$$

для вала – $\varnothing 30f7$:

$$es = -20 \text{ мкм} = -0,020 \text{ мм}$$

$$ei = -41 \text{ мкм} = -0,041 \text{ мм}$$

Обчислюємо граничні розміри з'єднуваних деталей:

$$D_{\max} = D + ES = 30 + 0,021 = 30,021$$

$$d_{\max} = D + es = 30 + (-0,020) = 29,980$$

$$D_{\min} = D + EI = 30,000 + 0 = 30$$

$$d_{\min} = D + ei = 30 + (-0,041) = 29,959$$

Обчислюємо функціональні параметри з'єднання:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es = 0,020$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = Es - ei = 0,062$$

Обчислюємо допуски отвору і вала, а також допуск посадки:

$$ITD = ES - EI = + 0,021 - 0 = 0,021$$

$$ITd = es - ei = - 0,020 - (- 0,041) = 0,021$$

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,062 - 0,020 = 0,042$$

5. Накреслюємо схему розташування полів допусків для посадки $\text{Ø}30 \text{ H7/f7}$

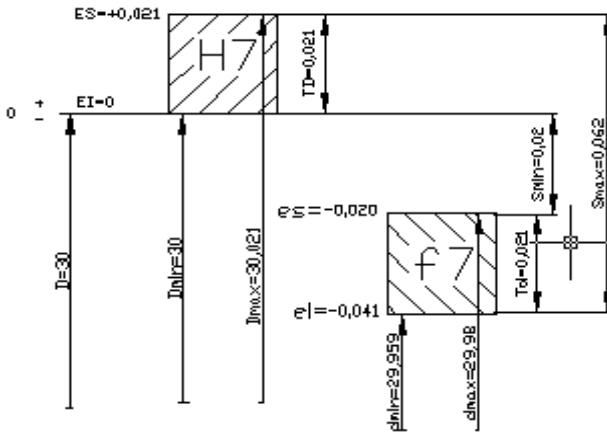


Рисунок 2.15 – Схема розташування полів допусків отвору і вала посадки $\text{Ø}30 \frac{\text{H7}}{\text{f7}}$

6. Записуємо умовні позначення розмірів, дозволені стандартом:

- для з'єднання – $\text{Ø}30 \frac{\text{H7}}{\text{f7}}$;
- для отвору – $\text{Ø}30\text{H7}; \text{Ø}30^{+0,021}; \text{Ø}30\text{H7}^{(+0,021)}$;

- для вала – $\text{Ø}30\text{f}7$; $\text{Ø}30_{-0,041}^{-0,020}$; $\text{Ø}30\text{f}7_{(-0,041)}^{(-0,020)}$;
- виконавчі розміри: отвору - $\text{Ø}30^{+0,021}$; вала - $\text{Ø}29,98_{-0,021}$.

Виконавчі розміри записуються як граничні розміри з допуском у тіло деталі.

Розрахунок посадки із зазором у системі вала

Розглянемо приклад, в якому при обґрунтуванні вибору підстави системи була б прийнята система вала і вал з основним відхиленням h в цьому квалітеті - $\text{Ø}30\text{h}7$.

Вибираємо основне відхилення для отвору.

У посадках з гарантованим зазором абсолютне значення основного відхилення деталі (для отвору це нижнє відхилення - EI), має бути більшим або дорівнює мінімальному зазору, $EI \geq S_{\min} \geq +10\text{мкм}$.

З ДСТУ ISO 286-1-2002 вибираємо табличне значення основного відхилення для отвору і відповідне йому позначення. Найближчі основні відхилення для отвору номінальним діаметром 30мм:

- основне відхилення G , дорівнює $+7\text{мкм}$;
- основне відхилення F , дорівнює $+20\text{мкм}$.

Якщо прийняти основне відхилення G , то величина мінімального зазору в з'єднанні буде меншою від гарантованого, що неприпустимо. Вибираємо отвір з основним відхиленням F в цьому квалітеті - $\text{Ø}30\text{F}7$.

Виконуємо розрахунок параметрів для з'єднання $\text{Ø}30 \frac{F7}{h7}$.

З ДСТУ ISO 286-2-2002, знаходимо граничні відхилення; для отвору - $\text{Ø}30\text{F}7$

$$ES = +41 \text{ мкм} = +0,041 \text{ мм}$$

$$EI = +20 \text{ мкм}$$

для вала - $\text{Ø}30\text{h}7$

$$es = 0 \text{ мкм}$$

$$ei = -21 \text{ мкм} = -0,021 \text{ мм}$$

Обчислюємо граничні розміри деталей:

$$D_{\max} = D + ES = 30 + 0,041 = 30,041$$

$$d_{\max} = D + es = 30 + 0 = 30$$

$$D_{\min} = D + EI = 30 + 0,020 = 30,020$$

$$d_{\min} = D + ei = 30 + (-0,021) = 29,979$$

Обчислюємо функціональні параметри з'єднання:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es = 0,020$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = Es - ei = 0,062$$

Обчислюємо допуски деталей і допуски посадки:

$$ITD = ES - EI = +0,041 - 0,020 = 0,021$$

$$ITd = es - ei = 0 - (-0,021) = 0,021$$

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,062 - 0,020 = 0,042$$

$$T_{\Pi} = ITD + ITd = 0,021 + 0,021 = 0,042$$

5. Викреслюємо схему розташування полів допусків для посадки $\text{Ø}30 \frac{F7}{h7}$

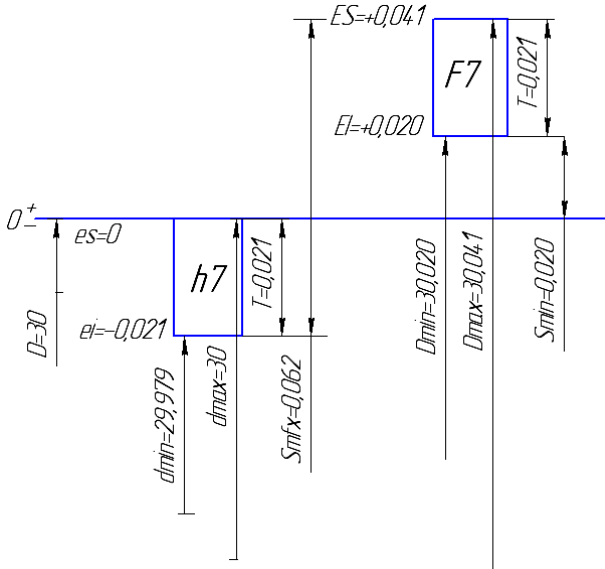


Рисунок 2.16 – Схема розташування полів допусків отвору і вала посадки $\text{Ø}30 \frac{F7}{h7}$

6. Записуємо умовні позначення для розмірів, дозволені стандартом:

- для з'єднання – $\text{Ø}30 \frac{F7}{h7}$;
- для отвору: $\text{Ø}30F7$; $\text{Ø}30_{+0,020}^{+0,041}$; $\text{Ø}30F7_{(+0,020)}^{(+0,041)}$;
- для вала: $\text{Ø}30h7$; $\text{Ø}30_{-0,021}$; $\text{Ø}30h7_{(-0,021)}$;
- виконавчі розміри: отвору – $\text{Ø}30,020^{+0,021}$; вала – $\text{Ø}30_{-0,021}$.

При виборі основного відхилення деталі слід враховувати рекомендовані до використання для заданого номінального розміру основні відхилення і якості.

При виборі якості точності деталі в стандарті даються такі рекомендації:

- для розмірів менше 1мм (до 0,1 включно; понад 0,1 до 0,3 включно; понад 0,3 до 1) посадки отримують поєднанням полів

допусків отворів і валів однакового ступеня точності. Це пояснюється складністю обробки точних валів дуже малих діаметрів.

- для розмірів понад 1мм і до 500мм включно посадки отримують поєднанням полів допусків валів на один квалітет точніше, ніж квалітет отвору (рідше на два). Це пояснюється вищою трудомісткістю виготовлення точних отворів. Крім того, зменшуючи допуск вала, ми зменшуємо допуск посадки, що дає можливість продовжити термін експлуатації з'єднання із зазором.

2.5.2 Розрахунок перехідних посадок

Перехідні посадки використовують у нерухомих, але роз'ємних з'єднаннях при необхідності високої точності центрування деталей. У перехідних посадках не можна гарантувати ні зазор, ні натяг у з'єднанні. Велика ймовірність зазору може бути лише в з'єднанні з посадкою H/j велику вірогідність натягу в з'єднанні з посадкою H/n .

Перехідні посадки в системі отвору: H/j ; H/js ; H/k ; H/m ; H/n ;

Перехідні посадки в системі вала: J/h ; JS/h ; K/h ; M/h ; N/h

Рекомендована точність для вала – 4; 5; 6; 7 квалітети, а для отвору – 5; 6; 7; 8 квалітети.

При необхідності передачі крутного моменту в з'єднанні з перехідною посадкою використовують додаткове кріплення у вигляді шпонки або штифта, а для забезпечення нерухомості в осьовому напрямку, стопорні кільця, стопорні гвинти, гайки й інші конструктивні елементи. Функціональними параметрами для перехідних посадок служать граничні значення зазору (максимальний зазор – S_{max}) і граничні значення натягу (максимальний натяг – N_{max}).

Розрахунок перехідної посадки проводиться, виходячи з умови забезпечення необхідної точності центрування і легкості збирання і розбирання з'єднання. Точність центрування визначається величиною радіального биття однієї зі спряжуваних деталей, наприклад зубчастого колеса на валу. При однобічному зміщенні отвору відносно вала радіальне биття – F_r , може дорівнювати величині зазору в з'єднанні. Проте похибка форми і розташування поверхонь

з'єднуваних деталей, змінання мікронерівностей і перекося при складанні можуть збільшити радіальне биття. Тому при розрахунку максимально допустимого зазору в перехідних посадках вводиться коефіцієнт запасу точності – $K_T = 2 \dots 5$, величина якого вибирається залежно від необхідної точності. Максимально допустимий зазор у з'єднанні визначають за формулою:

$$S_{\max} = \frac{F_r}{K_T}; \quad (2.25)$$

Тоді умовою вбору посадки буде:

$$S_{\max \text{ ст}} \leq S_{\max},$$

де $S_{\max \text{ ст}}$ – найбільший зазор стандартної посадки.

Легкість збирання і розбирання з'єднання визначається імовірність створення зазорів і натягів, розподіл яких підпорядкований нормальному закону розподілу розмірів деталей під час виготовлення (рисунок 2.17).

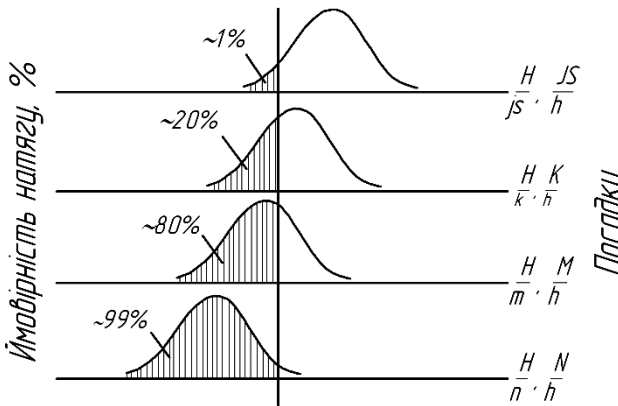


Рисунок 2.17 – Ймовірність створення зазорів і натягів під час виготовлення деталей

Розрахунок перехідної посадки в системі отвору

Розглянемо посадку зубчастого колеса зі ступенем точності 8В-ГОСТ 1643-81, числом зубів $z = 95$, модулем $m = 3$, отвором у

маточині $D = 30$ мм, точність виконання отвору – 7 квалітет, вала – 6 квалітет. Крутний момент передається через шпонку.

1 З ГОСТ 1643-81 для заданого зубчастого колеса знаходимо величину допустимого радіального биття зубчастого вінця – $F_r = 80$ мкм.

2 Розраховуємо величину максимально допустимого зазору, прийнявши коефіцієнт запасу точності – $K_T = 4$.

$$S_{\max} = \frac{F_r}{K_T} = \frac{80}{4} = 20 \text{ мкм.}$$

3 Для побудови посадки застосуємо систему отвору і сьомий квалітет точності. З ГОСТ 25347-82 для отвору $\text{Ø}30\text{H}7$ знаходимо граничні відхилення: $EI = 0$, $ES = 21$ мкм.

4 Знаходимо величину нижнього відхилення вала:

$$ei = ES - S_{\max} = (21 - 20) \text{ мкм} = + 1 \text{ мкм.}$$

З ДСТУ ISO 286-1-2002 для номінального діаметру $D = 30$ знаходимо позначення стандартного значення нижнього відхилення вала – $ei = + 1$ мкм або найближчого більшого значення нижнього відхилення валу. Найближче основне відхилення вала, $k = + 2$ мкм. Згідно з рекомендаціям стандарту призначимо для вала 6 квалітет точності і отримаємо з'єднання – $\text{Ø}30 \text{ H}7/k6$.

5. Виконуємо розрахунок параметрів для з'єднання $\text{Ø}30 \text{ H}7/k6$

З ДСТУ ISO 286-2-2002, знаходимо граничні відхилення:

для отвору – $\text{Ø}30\text{H}7$

$$\begin{aligned} ES &= +21 \text{ мкм} = + 0,021 \text{ мм} \\ ES &= 0 \end{aligned}$$

для вала – $\text{Ø}30k6$

$$\begin{aligned} es &= +15 \text{ мкм} = +0,015 \\ ei &= +2 \text{ мкм} = +0,002 \end{aligned}$$

Обчислюємо граничні розміри деталей:

$$D_{\max} = D + ES = 30 + 0,021 = 30,021$$

$$d_{\max} = D + es = 30 + 0,015 = 30,015$$

$$D_{\min} = D + EI = 30,000 + 0 = 30$$

$$d_{\min} = D + ei = 30 + 0,002 = 30,002$$

Обчислюємо функціональні параметри з'єднання:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = Es - ei = 0,019$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI = 0,015$$

Обчислюємо допуски деталей і допуски посадки:

$$ITD = ES - EI = + 0,021 - 0 = 0,021$$

$$ITd = es - ei = 0,015 - 0,002 = 0,013$$

$$TS(TN) = S_{\max} + N_{\max} = 0,019 + 0,015 = 0,034$$

або

$$TS(TN) = ITD + ITd = 0,021 + 0,013 = 0,034$$

6. Викреслюємо схему розташування полів допусків для посадки $\text{Ø}30 \text{ H}7/\text{k}6$ (рисунок 2.18).

7. Записуємо умовні позначення розмірів дозволені стандартом:

- для сполучення: $\text{Ø}30 \frac{\text{H}7}{\text{k}6}$;
- для отвору: $\text{Ø}30\text{H}7$; $\text{Ø}30^{+0,021}$; $\text{Ø}30\text{H}7^{(+0,021)}$;
- для вала: $\text{Ø}30\text{k}6$; $\text{Ø}30^{+0,015}_{+0,002}$; $\text{Ø}30\text{k}6^{(+0,015}_{+0,002})}$;

- виконавчі розміри: отвору – $\text{Ø}30^{+0,021}$; вала – $\text{Ø}30,015_{-0,013}$;

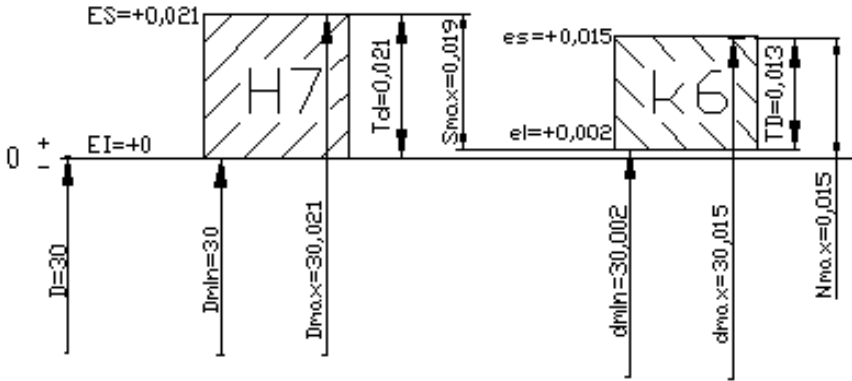


Рисунок 2.18 – Схема розташування полів допусків отвору і вала посадки $\text{Ø}30 \frac{\text{H}7}{\text{k}6}$

Розрахунок перехідної посадки в системі вала

Розглянемо приклад, в якому при обґрунтуванні вибору основи системи була прийнята система вала і вал з основним відхиленням h в шостому квалітеті – $\text{Ø}30h6$.

З ДСТУ ISO 286-2-2002 для вала $\text{Ø}30h6$ знаходимо граничні відхилення:

$$es = 0; ei = -0,015 \text{ мм.}$$

З формули $S_{\max} = ES - ei$ знаходимо величину верхнього відхилення отвору:

$$ES = S_{\max} + ei = 20 \text{ мкм.} + (-0,013) = +7 \text{ мкм.}$$

Для номінального діаметра $D = 30$ знаходимо (ДСТУ ISO 286-1-2002) позначення стандартного значення верхнього відхилення отвору – $ES = +7 \text{ мкм}$ або найближчого меншого значення верхнього відхилення отвору. Найближче основне відхилення отвору – $K = +6$

мкм. Згідно з рекомендаціями стандарту призначимо для отвору 7 квалітет і отримаємо з'єднання – $\varnothing 30$ K7/h6.

5. Подальший розрахунок виконується за методикою, викладеною в п.5 розрахунку перехідної посадки в системі отвору.

6. Викреслюємо схему розташування полів допусків для посадки $\varnothing 30 \frac{K7}{h6}$ (рисунок 2.19).

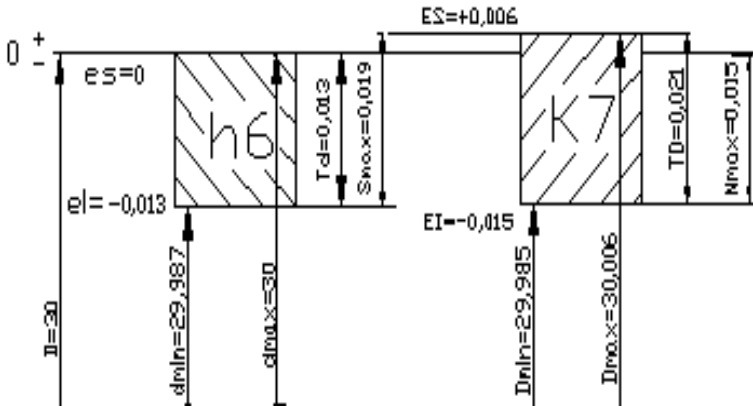


Рисунок 2.19 – Схема розташування полів допусків отвору і вала посадки $\varnothing 30 \frac{K7}{h6}$

7. Записуємо умовні позначення розмірів дозволені стандартом;

- для сполучення: $\varnothing 30 \frac{K7}{h6}$;
- для отвору: $\varnothing 30K7$; $\varnothing 30 \begin{smallmatrix} +0,006 \\ -0,015 \end{smallmatrix}$; $\varnothing 30K7 \begin{smallmatrix} +0,006 \\ -0,015 \end{smallmatrix}$;
- для вала: $\varnothing 30h6$; $\varnothing 30 \begin{smallmatrix} -0,013 \\ -0,013 \end{smallmatrix}$; $\varnothing 30h6 \begin{smallmatrix} -0,013 \\ -0,013 \end{smallmatrix}$;
- виконавчі розміри: отвору – $\varnothing 29,985^{+0,021}$; вала – $\varnothing 30 \begin{smallmatrix} -0,013 \\ -0,013 \end{smallmatrix}$;

2.5.3 Розрахунок посадок з натягом

Посадки з натягом призначені для нерухомих нероз'ємних з'єднань і характеризуються наявністю гарантованого натягу в з'єднанні.

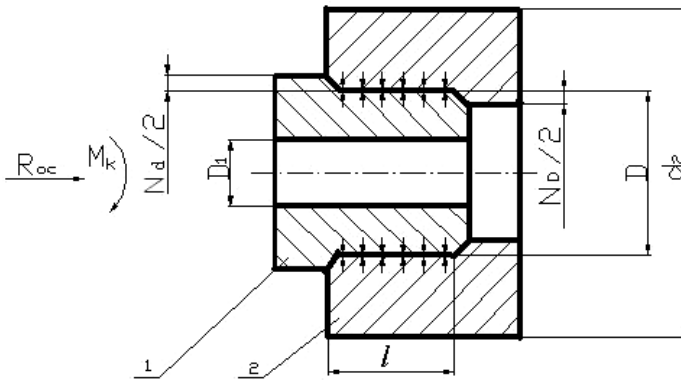
Посадки з натягом рекомендуються до використання в тих випадках, коли деталі, що з'єднуються, повинні забезпечити високий ступінь центрування або передачу значних навантажень, осьової сили (R_{oc}) і крутного моменту (M_k), винятково за рахунок сил тертя між контактними поверхнями.

Функціональними параметрами для посадок з натягом служать граничні значення натягу: N_{max} – максимальний натяг і N_{min} – мінімальний натяг.

Посадка вважається придатною до експлуатації якщо:

- при мінімальному натязі зберігається нерухомість з'єднання;
- при максимальному натязі забезпечується міцність з'єднаних деталей.

При запресуванні більшого за діаметром вала в менший за діаметром отвір відбудеться збільшення діаметра отвору на величину N_D і стискування вала на величину N_d (рисунок 2.20).



1 – порожнистий вал, 2 – втулка.

Рисунок 2.20 – З'єднання деталей з гарантованим натягом

Сумарна величина натягу при цьому складе

$$N = N_D + N_d. \quad (2.26)$$

Зміна діаметрів отвору і вала повинні статися в межах пружних або пружно-пластичних деформацій матеріалів, з яких вони виготовлені. На контактних поверхнях отвору і вала утворюється питомий тиск ($P_{y\partial}$), який забезпечить нерухомість з'єднання за рахунок сил тертя між контактними поверхнями отвору і вала

$$F_{\text{тр}} = \pi D l f P_{y\partial}, \quad (2.27)$$

де $\pi D l$ – площа контакту поверхонь деталей, що з'єднуються;
 f – коефіцієнт тертя.

З теорії міцності товстостінних посудин (задача Ляме) відомо:
 для отвору:

$$\frac{N_D}{D} = \frac{P_{y\partial} \cdot C_2}{E_2}; \quad (2.28)$$

для вала:

$$\frac{N_d}{D} = \frac{P_{y\partial} \cdot C_1}{E_1}, \quad (2.29)$$

де E_1 і E_2 – модулі пружності матеріалів.

C_1 і C_2 – коефіцієнти Ляме, які можуть бути розраховані за формулами:

для вала

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{D_1}{D}\right)^2}{1 - \left(\frac{D_1}{D}\right)^2} - \mu_1 \quad (2.30)$$

для отвору

$$C_2 = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2}\right)^2} + \mu_2, \quad (2.31)$$

де μ_1 і μ_2 – коефіцієнти Пуассона.

Склавши почленно рівності 2.30 і 2.31, отримаємо величину натягу в з'єднанні:

$$(N_D + N_d) = N = P_{уд} D \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right). \quad (2.32)$$

За відомими значеннями зовнішніх навантажень ($P_{ос}$, M_k) визначається необхідний мінімальний питомий тиск на контактних поверхнях, при якому буде відсутнє відносне зміщення.

При дії осьової сили:

$$P_{уд.мін} \geq \frac{P_{ос}}{\pi D \ell f}; \quad (2.33)$$

При навантаженні крутним моментом

$$P_{уд.мін} \geq \frac{2M_k}{\pi D^2 \ell f}. \quad (2.34)$$

При одночасному навантаженні крутним моментом і осьовою силою розрахунок слід вести по рівнодійній силі T :

$$T = \sqrt{\left(\frac{2M_k}{D}\right)^2 + P_{ос}^2}; \quad (2.35)$$

$$P_{уд.мін} \geq \frac{T}{\pi D \ell f}. \quad (2.36)$$

Підставляючи значення $P_{уд.мін}$ у формулу 2.31, отримаємо значення мінімального натягу, що забезпечує нерухомість з'єднання:

$$N_{\min(\text{розр.})} = \frac{T}{\pi \ell f} \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right). \quad (2.37)$$

Розрахунок мінімального натягу проводиться для ідеальних умов і не завжди відповідає реальним. У зв'язку з цим дійсна величина мінімального допустимого натягу – N_{\min} , приймається з урахуванням поправок.

$$N_{\min} = N_{\min(\text{розр.})} + \gamma_{\text{ш}} + \gamma_t + \gamma_{\text{ц}} + \gamma_{\text{п.}}; \quad (2.38)$$

де $\gamma_{\text{ш}}$ – поправка, що враховує зм’яття мікронерівностей контактних поверхонь деталей при складанні $\gamma_{\text{ш}} = 1,2 (R_{zD} + R_{zd}) = 5 (R_{aD} + R_{ad})$;

γ_t – поправка, що враховує вплив коефіцієнтів лінійного розширення залежно від робочої температури;

$\gamma_{\text{ц}}$ – поправка, що враховує послаблення натягу під впливом відцентрових сил;

$\gamma_{\text{п.}}$ – поправка, що компенсує зменшення натягу при повторних запресуваннях.

Складання може виконуватися з попереднім нагрівом отвору або охолодженням вала. В цьому випадку зм’яття мікронерівностей контактних поверхонь деталей при складанні буде меншим і коефіцієнт тертя рекомендується збільшувати в 1,5 рази.

Розрахунок найбільшого натягу проводиться за умов максимально допустимого значення питомого тиску на контактних поверхнях деталей – $P_{\text{доп}}$, вище за яке відбувається пластична деформація матеріалу деталей, які з’єднуються. Тоді на основі теорії найбільших дотичних напружень умовою міцності деталей буде:

$$\text{для отвору} - P_{\text{доп}} \leq 0,58 \sigma_T \left[1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2 \right]; \quad (2.39)$$

$$\text{для вала} - P_{\text{доп}} \leq 0,58 \sigma_T \left[1 - \left(\frac{D_1}{D} \right)^2 \right]. \quad (2.40)$$

При розрахунку максимально допустимого для даного з’єднання натягу як $P_{\text{доп}}$, приймається менше з двох розрахункових значень допустимого питомого тиску.

$$N_{\max(\text{розр.})} = P_{\max} D \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \quad (2.41)$$

Реальні умови складання і експлуатації з'єднання враховуються і при призначенні максимального натягу.

$$N_{\max} = N_{\max(\text{расч.})} \times \gamma_{\text{уд}} + \gamma_{\text{ш}} - \gamma_{\text{т}}. \quad (2.42)$$

Де $\gamma_{\text{уд}}$ – коефіцієнт збільшення питомого тиску в торців охоплювальної деталі.

Для призначення посадки можна скористатися ДСТУ ISO 286-1-2002 і ДСТУ ISO 286-2-2002, за такою методикою:

1. Прийняти основу системи і ступінь точності для основної деталі.

2. Вибрати граничні відхилення для основної деталі з ДСТУ ISO 286-2-2002.

3. Обчислити основне відхилення, використовуючи формулу

$$N_{\min} = e_i - ES \quad (2.43)$$

- основне відхилення для вала в системі отвору

$$e_i = N_{\min} - ES; \quad (2.44)$$

- основне відхилення для отвору в системі вала

$$ES = e_i - N_{\min}. \quad (2.45)$$

4. Керуючись ДСТУ ISO 286-1-2002, вибрати найближче більше зі встановлених стандартом основних відхилень для вала, або найближче менше для отвору і їх умовні позначення.

5. Вибрати граничні відхилення для деталі з ДСТУ ISO 286-2-2002.

6. Розрахувати граничні значення натягу для отриманого сполучення:

$$N_{\min(\text{табл.})} = e_i - ES; \quad (2.46)$$

$$N_{\max(\text{табл.})} = es - EI. \quad (2.47)$$

За отриманими величинами розрахованих і стандартних (табличних) натягів вибираємо посадку, витримуючи умови:

$$N_{\min (\text{табл})} \geq N_{\min}$$

$$N_{\max (\text{табл})} \leq N_{\max}$$

Стандартом рекомендуються до використання такі посадки з натягом:

- у системі отвору - $H/p; H/r; H/s; H/t; H/u; H/x; H/z$ з 5 по 8 квалітети;

- у системі вала - $P/h; R/h; S/h; T/h; U/h$ з 6 по 8 квалітети;

при цьому для з'єднань з високою точністю переважними будуть посадки з невеликим натягом.

Розрахунки граничних розмірів, функціональних параметрів і допусків виконуються в тій же послідовності.

Контрольні питання до розділів 2.1 – 2.5

1. Дайте визначення взаємозамінності.
2. Назвіть форми взаємозамінності.
3. Що таке розмір?
4. Дайте визначення номінального, граничного, виконавчого і дійсного розмірів.
5. Які ознаки характеризують єдину систему допусків і посадок?
6. Для чого визначається одиниця допуску?
7. Які квалітети точності використовуються для спряжених деталей?
8. Що таке основне відхилення?
9. Назвіть основні відхилення для утворення посадок з зазором.
10. Від чого залежить гарантований зазор?
11. Назвіть основні відхилення для утворення посадок з натягом.
12. Від чого залежить гарантований натяг?
13. Назвіть основні відхилення для утворення перехідних посадок.
14. Що лежить в основі розрахунку перехідних посадок?

15. Що таке система отвору? Наведіть приклади схем розташування полів допусків в системі отвору.

16. Що таке система вала? Наведіть приклади схем розташування полів допусків в системі вала.

17. Як позначаються поля допусків отвору, вала, спряження деталей на кресленнях?

2.6 Методи і засоби контролю деталей. Калібри гладкі для розмірів від 1 до 500 мм.

Виготовлення виробів машинобудування, мікроелектроніки, оптоелектроніки і обчислювальної техніки пов'язане з обробкою матеріалів за заданими розмірами, формою і якістю поверхні. При цьому якість виробів контролюється засобами вимірювання геометричних величин. За прийнятою класифікацією до техніки вимірювань геометричних величин відносять вимірювання довжин і кутів, відхилень розмірів, форми і розташування поверхонь, параметрів конусів, різьб і зубчастих коліс.

На результат виміру значно впливають роблять, при яких вони виконуються. Державним стандартом встановлені такі вимоги проведення лінійних вимірювань:

- температура навколишнього середовища 20°C;
- атмосферний тиск 101324,72 Па (760 мм рт. ст.);
- відносна вологість навколишнього повітря 58 %;
- прискорення вільного падіння 9,8 м/с²;
- напрямлення лінії виміру лінійних розмірів, зовнішніх поверхонь до 160 мм вертикально, в решті випадків горизонтально.

Допустимі межі відхилень від нормальних умов вимірювання нормовані в стандартах для різних видів вимірів.

Стандартом також встановлено, що результати вимірів для збігу повинні наводитися до вказаних нормальних значень, які впливають на величини.

Щоб уникнути додаткових похибок, рекомендується, щоб вимірювані вироби витримували при нормальній температурі від 2 до 36 ч залежно від їх маси і допусків на лінійні розміри. Засоби ж вимірювань повинні знаходитися в умовах, що відповідають указаним у стандартах, не менше 24 ч до початку вимірювань.

Методи контролю деталей можуть бути поділені:

1. За способом взаємодії вимірювального інструменту і деталі:

- контактний;
- безконтактний.

2. Залежно від взаємозв'язку показань приладу з вимірюваною величиною:

- *прямі*, при яких шукане значення величини знаходять безпосередньо з експериментальних даних;
- *непрямі*, при яких шукане значення величини визначають на основі відомої залежності між цією величиною і величинами, підданими прямим вимірюванням.

Прямі вимірювання поділяються на:

- *абсолютні*, вимірювання яких базується на прямих вимірюваннях;
- *відносні*, які ґрунтуються на порівнянні вимірюваної величини з відомим значенням міри.

3. *Диференційований* ґрунтується на вимірюванні кожного елемента окремо.

4. *Комплексний*, ґрунтується на визначенні придатності деталі одночасно за декількома вимірюваними елементами.

Засоби вимірювань розділяються на декілька груп, основними з яких є групи механічних і оптико-механічних приладів.

Розрізняють засоби лінійних вимірів *спільного призначення* і *спеціалізовані*, призначені для вирішення окремих вимірювальних завдань.

Представниками спеціалізованих засобів контролю розмірів є калібри.

2.6.1. Калібри

Калібри призначені для контролю придатності деталей що виготовляються з допуском за IT6-IT18 у багатосерійному і масовому виробництвах. Калібри не визначають дійсний розмір деталі, а лише констатують факт – чи знаходиться деталь у межах допуску, тобто між граничними розмірами – найбільшим і найменшим. Тому їх називають граничними калібрами.

Комплект для контролю деталей складається з двох калібрів – прохідного (ПР) і непрохідного (НЕ). Калібри для контролю отворів

виконуються у вигляді *пробок*, пластин, стрижнів (рисунок 2.21), а для контролю валів – *скоб*, різних конструкцій кілець (рисунок 2.22).

При контролі калібрами виріб вважається придатним, якщо прохідний калібр вільно проходить через контрольований розмір, а непрохідний не проходить.

Калібри контролюють придатність деталі за її граничними розмірами і, у зв'язку з цим, номінальними розмірами для всіх калібрів прийнято вважати розміри, для контролю яких вони призначені:

- у прохідного калібра номінальний розмір дорівнює найбільшому граничному розміру вала або найменшому – отвору;
- у непрохідного калібра номінальний розмір дорівнює найменшому граничному розміру вала або найбільшому – отвору.

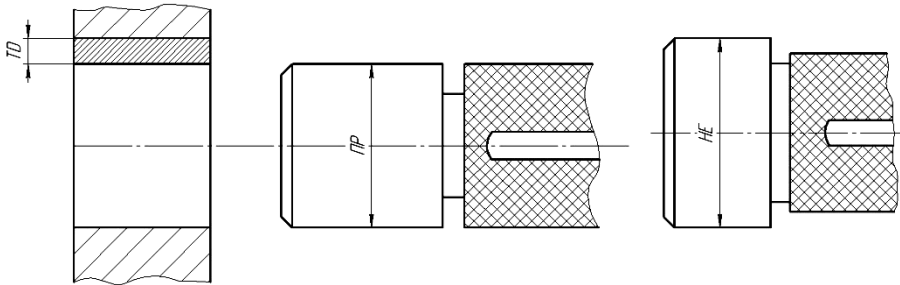


Рисунок 2.21 – Калібр пробка, прохідний (ПР) і не прохідний (НЕ)

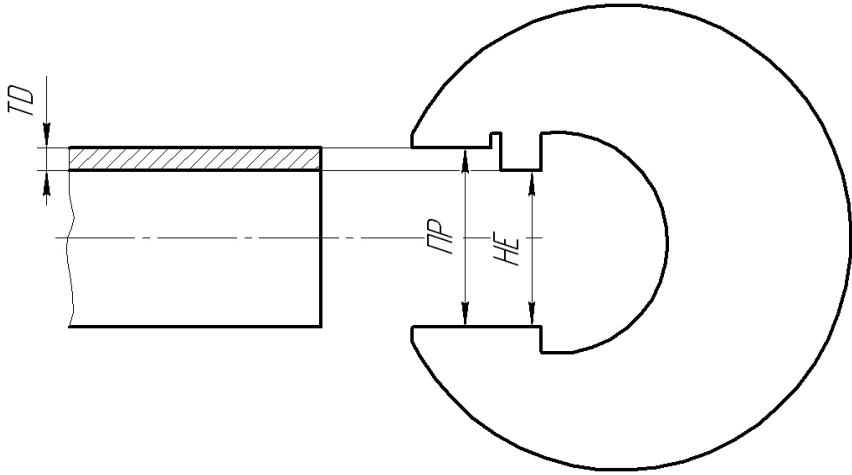


Рисунок 2.22 – Калібр скоба

Класифікація калібрів. В основу конструювання калібрів покладено принцип *подібності* (принцип Тейлора), відповідно до якого прохідні калібри повинні бути прототипом контрольованої деталі і обмежувати відхилення всіх елементів (тобто контролювати розміри по всій довжині з урахуванням похибок форми).

Непрохідні калібри повинні мати малу вимірювальну довжину і контакт, наближений до точкового, щоб перевіряти тільки власне розмір деталі.

Однак на практиці іноді доводиться відступати від принципу подібності внаслідок незручності контролю. Наприклад, контролювати кільцем вал, який закріплено в центрах під час обробки на верстаті незручно, оскільки доводиться кожного разу знімати його. Тому замість кілець використовують контроль скобами.

Класифікацію за призначенням та конструктивними ознаками калібрів надає ДСТУ 2234-93.

Нумерацію калібрів для контролю валів і отворів призначає ГОСТ 24851-81 (таблиця 2.6), який встановлює 12 видів калібрів гладких. Відповідно до нього калібри поділяються на:

- *робочі* прохідні і непрохідні (номер вигляду калібра 1-4, 11, 12 в таблиці 2.6), призначені для контролю виробів під час їх виготовлення на робочому місці;

- *контрольні* калібри (К-ПР, К-НЕ, номер вигляду калібра 5, 6, 8, 9 в таблиці 2.6), призначені для контролю нерегульованих і установки на розмір регульованих калібрів скоб. Ці калібри є номінально прохідними. Контрольний калібр К-І (номер вигляду калібра 7, 10 в таблиці 2.6) є непрохідним і призначений для вилучення з експлуатації внаслідок зношування прохідних робочих скоб.

Контрольні калібри (контркалібри) виготовляються тільки для скоб. Робочі калібри пробки контролюються універсальними вимірювальними засобами.

Класифікацію за *конструкцією* надають: ГОСТ 14807-69 – 14827-69 Калібри пробки. Конструкція і розміри. ГОСТ 18358-73 – 18369-73 Калібри скоби. Конструкція і розміри.

Допуски калібрів регламентуються ГОСТ 24853-81.

Розміри робочого калібра ПР - пробка завжди більші від мінімально допустимого розміру контрольованого отвору (рисунок 2.23), для цього середина поля допуску калібра заглиблюється в поле допуску контрольованої деталі на розмір Z (рисунок 2.24).

Середина поля допуску калібру НЕ - пробка розташовується симетрично максимально допустимого розміру отвору.

Розміри робочого калібра ПР - скоби завжди менші від максимально допустимого розміру контрольованого вала, для цього середина поля допуску калібру, заглиблюється в полі допуску контрольованої деталі на розмір Z_1 (рисунок 2.24).

Таблиця 2.6 - Найменування калібрів

Позначення виду калібра	Найменування виду калібра		номер вигляду калібру
Калібри для вала і контрольні калібри, що відносяться до них			
Калібри з робочою поверхнею циліндричної форми	ПР	Калібр-кільце гладкий прохідний	1
	ПР	Калібр-скоба гладкий прохідний	2
	НЕ	Калібр-скоба гладкий непрохідний	3
	НЕ	Калібр-кільце гладкий непрохідний	4
	К-ПР	Калібр-пробка гладкий контрольний прохідний для нового гладкого прохідного калібра-скоби (кільця)	5
	К-НЕ	Калібр-пробка гладкий контрольний непрохідний для нового гладкого непрохідного калібра-скоби (кільця)	6
	К-І	Калібр-пробка гладкий контрольний для контролю зносу гладкого прохідного калібра-скоби (кільця)	7
Плоскі калібри (пластини)	К-ПР	Калібр гладкий контрольний прохідний для нового гладкого прохідного калібра-скоби	8
	К-НЕ	Калібр гладкий контрольний непрохідний для нового гладкого непрохідного калібра-скоби	9
	К-І	Калібр гладкий контрольний для контролю зносу гладкого прохідного калібра-скоби	10
Калібри для отвору			
	ПР	Калібр-пробка гладкий прохідний	11
	НЕ	Калібр-пробка гладкий непрохідний	12

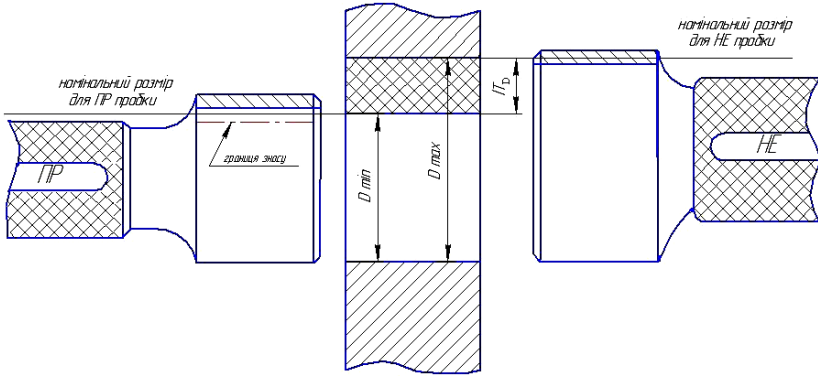
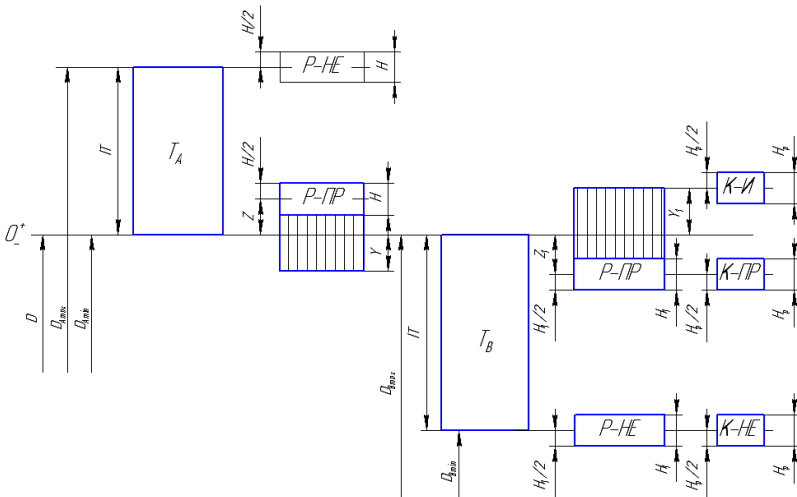


Рисунок 2.23 – Розташування полів допусків отвору і калібрів пробок



H – допуски на виготовлення калібрів для отвору; H_1 – допуск на виготовлення калібрів для вала; Z – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору щодо найменшого граничного розміру вала; Z_1 – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для вала щодо найбільшого граничного розміру вала; B – допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для отвору за межу поля допуску отвору; Y_1 – допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для вала за межу поля допуску вала.

Рисунок 2.24 – Схема розташування полів допусків калібрів для номінальних розмірів до 180 мм, 6, 7 і 8 квалітетів

Середина поля допуску калібра HE - скоби розташовується симетрично мінімально допустимого розміру вала.

Для грубіших квалітетів з 9 по 18 допустимий знос робочих прохідних калібрів зменшуються до найменшого граничного розміру отвору у пробок і до найбільшого граничного розміру вала в скоб (Y і $Y_1 = 0$).

Для компенсації похибки контролю калібрами розмірів понад 180 мм у робочих прохідних калібрів границя зносу додатково зменшується на величини α і α_1 , а у робочих непрохідних калібрів середина поля допуску зміщується у бік зменшення виробничого допуску на величину α - від найменшого граничного розміру отвору і на величину α_1 - від найбільшого граничного розміру вала.

Як виробничий допуск, при контролі калібрами отворів, приймається розмір отриманий відніманням ($HE_{\min} - PR_{\max}$), а при контролі валів - ($PP_{\min} - HE_{\max}$).

Розрахунок калібрів номінальних розмірів до 180 мм, 6, 7 і 8 квалітетів.

Калібри для контролю отвору.

$$\begin{array}{ll}
 D_{\min} = D_{\min} + z - \frac{H}{2} & D_{\min} = D_{\max} - \frac{H}{2} \\
 D_{\max} = D_{\min} + z + \frac{H}{2} & D_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2} \\
 D_{\text{внк}} = D_{\min} + z + \frac{H}{2} \text{ } (-H) & D_{\text{внк}} = D_{\max} + \frac{H}{2} \text{ } (-H) \\
 D_{\text{зн}} = D_{\min} + Y &
 \end{array}
 \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} D_{\min} \\ D_{\max} \\ D_{\text{внк}} \\ D_{\text{зн}} \end{array}} \right\} (2.48)$$

Калібри для контролю вала.

$$\left. \begin{aligned} d_{\min} &= d_{\max} - z - \frac{H_1}{2} & d_{\min} &= d_{\min} - z - \frac{H_1}{2} \\ d_{\max} &= d_{\max} - z + \frac{H_1}{2} & d_{\max} &= d_{\min} - z + \frac{H_1}{2} \\ d_{\text{вук}} &= d_{\max} - z - \frac{H_1}{2} & d_{\text{вук}} &= d_{\min} + \frac{H_1}{2} \\ d_{\text{зн}} &= d_{\max} + Y_1 & & \end{aligned} \right\} (2.49)$$

Контрольні калібри

К-ПР – пробка;

К-ПР – калібр гладкий;

$$d_{\min} = d_{\max} - z_1 - \frac{H_p}{2}; \quad (2.50)$$

$$d_{\max} = d_{\max} - z + \frac{H_p}{2}; \quad (2.51)$$

$$d_{\text{вук}} = d_{\max} - z_1 + \frac{H_p}{2} \quad (-H_p); \quad (2.52)$$

К-НЕ – пробка;

К-НЕ – калібр гладкий;

$$d_{\min} = d_{\min} - \frac{H_p}{2}; \quad (2.53)$$

$$d_{\max} = d_{\min} + \frac{H_p}{2}; \quad (2.54)$$

$$d_{\text{вук}} = d_{\min} + \frac{H_p}{2} \quad (-H_p); \quad (2.55)$$

К-I– пробка;

К-I – калібр гладкий

$$d_{\min} = d_{\max} + Y_1 - \frac{H_p}{2}; \quad (2.56)$$

$$d_{\max} = d_{\max} + Y_1 + \frac{H_p}{2}; \quad (2.57)$$

$$d_{\text{вик}} = d_{\max} + Y_1 + \frac{H_p}{2_{(-H_p)}}. \quad (2.58)$$

Вимоги до калібрів, матеріали калібрів та їх маркування.

Калібри можуть виготовлятися: цілісними, збірними, нерегульованими і регульованими.

Основними вимогами, яким повинні відповідати калібри, є: точність виготовлення, висока зносостійкість вимірювальних поверхонь, достатня оброблюваність, стабільність розмірів при зберіганні.

Робоча поверхня для забезпечення зносостійкості має бути досить твердою і виготовляється: з вуглецевої сталі У10А; У12А з подальшим гартуванням до високої твердості, з маловуглецевої сталі Ст15, Ст20 з цементацією робочої поверхні і подальшим гартуванням, або з легованих сталей Х, ХГ, ШХ15.

Останнім часом найширше використовуються калібри з робочою поверхнею, армованою твердим сплавом ВК6, ВК8, ВК9. Калібри з робочою поверхнею з твердого сплаву зберігають розмір у межах допустимого зносу до 70 тисяч вимірів, що особливо важливе в масовому і багатосерійному виробництві.

Інститутом надтвердих матеріалів НАН України розроблено сплав “Славутич”, який витримав 870 тис. вимірів без видимих слідів зносу.

Шорсткість робочої поверхні Ra 0,16 ... Ra 0,08 для діаметрів до 100 мм.

Маркування повинне включати позначення: прохідної і непрохідної сторін калібра, номінального діаметра, основного відхилення, квалітета і граничні відхилення контрольованого розміру.

На робочому кресленні калібрів (складальному кресленні) обов'язково проставляються габаритні розміри і виконавчі розміри прохідної і непрохідної сторін калібра.

У технічних умовах на виготовлення калібрів вказується:

- розмір початкової сторони при повному зносі;
- решта розмірів за ГОСТ (на конструкцію калібра);
- допуски без спеціального позначення за ДСТУ ISO 2768-1-2001;
- цементувати h 0,8...1,2; HRC 52-56 (вимоги до твердості робочої поверхні);
- при використанні твердосплавних або керамічних пластинок, їх ГОСТ і матеріал;
- марка клею або припою і ГОСТ;
- решта технічних умов за ГОСТ 2015-69;

Контрольні питання до розділу 2.6

1. Назвіть методи контролю деталей.
2. Чим відрізняється диференційований метод контролю деталей від комплексного?
3. Як класифікуються калібри за призначенням?
4. Чим відрізняються табличний, виробничий та гарнтований допуски?
5. Які вимоги висуваються до калібрів?
6. З яких матеріалів виготовляються калібри?