

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський промислово – економічний коледж
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора з НР
_____Л. РОСЛАВЕЦЬ
_____ 20__ р.

**Методичні вказівки щодо організації самостійної роботи студентів
з дисципліни «Основи взаємозамінності деталей»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»**

Уклав

В. ПИЛИПЕЙ

Розглянуто на засіданні циклової
комісії спеціальних механічних
та загально - технічних дисциплін
Протокол №__ від _____ 20__ року
Голова циклової комісії

Т. СЕМЕРНЯ

Самостійне заняття №1

Тема: Міжнародна система стандартизації

Мета: Розкрити значення міжнародної стандартизації

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Розвиток взаємовигідних зв'язків
- 2 Вищий орган міжнародної стандартизації
- 3 Міжнародні організації з стандартизації

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения., с. 8-9
- 2 Боженко Л.І., Стандартизація метрологія та кваліметрія., с.19-20

Розвиток взаємовигідних зв'язків. Для забезпечення сприятливих умов розвитку взаємовигідних торгових економічних зв'язків між країнами світу міжнародні організації з стандартизації та сертифікації продукції розробляють відповідні стандарти, нормативи, рекомендації. Розроблені та затверджені відповідно до чинного порядку документи можуть використовуватися як національні чи державні стандарти (нормативи, рекомендації) на підставі відповідного рішення найвищого державного органу зі стандартизації або застосовуватися під час розроблення національних чи державних документів аналогічного призначення. Цей чи інший шлях використання документів міжнародних організацій добирають залежно від стану народного господарства та рівня стандартизації у кожній країні. Інколи рівень технології виробництва не дає змоги рекомендувати до впровадження документи міжнародних організацій, розроблені на підставі новітніх досягнень науки та техніки, технології кращих матеріалів устаткування, рівня продуктивності праці розвинених країн світу. У такому разі компетентні організації зі стандартизації після узгодження з державними керівними органами зобов'язують головні організації галузей, науки та техніки розробити заходи що до створення належних умов для запровадження національних нормативних документів, які б відповідали чинним міжнародним документам аналогічного призначення.

Вищий орган міжнародної стандартизації. Однією з найбільш міжнародних організацій зі стандартизації є ISO, яка була створена у 1926р., а до 1941 р. функціонувала під назвою ISA. У статусі ISO зазначено, що її основною метою є «сприяння розвитку стандартизації в цілому світі для того, щоб полегшити міжнародний обмін товарами та розвивати взаємну співпрацю в галузі інтелектуальної, наукової, технічної та економічної діяльності».

Вищим органом ISO є Генеральна Асамблея, яку скликають раз на три роки для прийняття рішень з найважливіших питань і виборів Президента організації. У своєму складі ISO має понад 240 ТК, серед яких: Виконавчий

Комітет з вивчення наукових принципів стандартизації, Комітет з допомоги країнам, що розвиваються, Атестаційний комітет, технічні комітети з різних галузей, підгалузей, що вирішують деякі питання, розробляють деякі проекти відповідних стандартів, норм, рекомендацій тощо. Серед технічних комітетів варто назвати такі, як: ТК-1 – Різьби; ТК-2 – Болти, гайки та деталі кріплення, ТК-3 – Допуски та відхилення розмірів, ТК-29 – Інструменти, ТК – 39 Верстати, ТК-57 – Якість оброблених поверхонь, ТК123 – Підшипники ковзання.

Членами міжнародної організації ISO можуть бути країни (їх компетентні та повноважні представники), що мають державні організації зі стандартизації. Крім комітетів в ISO є ще підкомітети, групи, які виконують означені їм функції, а також члени-кореспонденти, якими можуть бути країни, що не мають власних організацій зі стандартизації, Вони мають право тільки отримувати (безоплатно) стандарти, нормативи та рекомендації ISO.

До ISO, як її електротехнічне відхилення, входить Міжнародна електротехнічна комісія (IEC), що виконує завдання ISO у галузі електро-, радіотехніки та електроніки. Стандартизації у галузі метрології займається Міжнародна організація мір та ваг, заснована ще у 1875 р. Цей комітет розробив Єдину міжнародну систему одиниць (SI), прийняту до використання в усіх країнах, що приєдналися до Метричної конвенції.

З 1956 р. працює Міжнародна організація законодавчої метрології, що проводить роботу з загальних питань метрології, З цього року функціонує Європейська організація з контролю якості продукції, яка розробляє науково-технічні проблеми забезпечення якості продукції.

Одним з основних завдань міжнародних організацій зі стандартизації є проведення міжнародних конференцій, дискусійних клубів, видання та поширення наукових праць, журналів, надання консультацій тощо.

Питання для самоконтролю.

- 1 Які документи використовують в національній чи державній стандартизації?
- 2 Перелічити структури ISO.
- 3 Які Ви знаєте міжнародні організації з стандартизації?

Самостійне заняття № 2

Тема: Метрологічні показники засобів вимірювання

Мета: Вивчити методи і засоби вимірювання. Пояснити метрологічні показники при виготовлені деталей

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Вступ до метрології
- 2 Метрологічні показники
- 3 Похибки вимірювання

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения., с.119-123
- 2 Боженко Л.І., Стандартизація метрологія та кваліметрія., с.174-176, с. 179-180

Метрологія (з грецької – вчення про міри) – це галузь фізики, основним завданням якої є вивчення методів і засобів вимірювань, розроблення систем одиниць фізичних величин, їх відтворення, оцінки похибки вимірювання, передавання значень одиниць фізичних величин (ФВ) від еталонів до робочих засобів вимірювання та контролю. З кінця ХІХст. метрологія перетворилася з описової в експериментальну науку. Сьогодні вона охоплює всі види вимірювань (механічних, електричних, теплових, світлових, акустичних, іонізаційних тощо). Вимірювання – це відображення ФВ у їх зазначеннях внаслідок експериментів та обчислень.

Широка стандартизація методів і засобів вимірювання дала змогу створити системи національних (державних) і міжнародних організацій та установ, які забезпечують і контролюють єдність вимірювання для всіх країн, що є членами перелічених організацій та установ.

До 1917р. Україна була частиною Російської імперії, а до 1991р. – республікою у складі СРСР та керувалась переважно її метрологічним законодавством. В УРСР головною метрологічною установою був Харківський інститут мір і вимірювальних приладів, організований у 1932р. на базі Української головної палати мір і ваг, а вимірюванням частоти, акустичних, гідроакустичних, і радіовипромінювань займався Харківський науково дослідний інститут фізико-технічних і радіо-технічних вимірювань.

Обласні та міжобласні державні контрольні лабораторії, реорганізовані в Центри метрології, стандартизації та сертифікації, покликані сьогодні забезпечувати єдність мір і вимірювальних приладів. У1998р. прийнято Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», який визначає правові основи забезпечення єдності вимірювань, регулює суспільні відносини у сфері метрологічної діяльності та спрямований на захист

інтересів громадян і національної економіки від наслідків недостовірних результатів вимірювань.

При виборі засобів вимірювання в залежності від заданої точності виготовлення деталей необхідно враховувати їх метрологічні показники: ціна поділки шкали, діапазони показників і вимірювань, граничні вимірювання, вимірювальне зусилля та ін. Основним відліковим засобом являється шкала, по якій проводиться відлік. Ціна поділу шкали – різниця показників величин, відповідних двом сусіднім відміткам шкали, наприклад 0,002 мм при довжині ділення шкали приладу, яка дорівнює 1 мм (під інтервалом поділок шкали розуміємо відстань між осями двох сусідніх поділок шкали). Початкове і кінцеве значення шкали – відповідно найменше і найбільше значення вимірюваної величини, вказане на шкалі, яка характеризує можливості шкали вимірювального засобу і визначає діапазон показників.

Діапазон показників – інтервал значень вимірюваної величини, який обмежений початковими та кінцевими її значеннями. Діапазон вимірювань – інтервал значень, вимірюваної величини, в межах якого пронумеровані похибки засобу вимірювань. Межа вимірювання – найбільша і найменша величина, яка може бути виміряна даним вимірювальним засобом. Наприклад, штангенінструмент має межі вимірювання 0...125мм, 0...200мм. Мікрометричний інструмент має межі вимірювання 0...25мм, 25...50мм, 50...75мм та ін. Одним із основних характеристик контактних засобів вимірювання лінійних і кутових величин контактним методом є вимірювальне зусилля. Вимірювальне зусилля – зусилля що виникає в процесі вимірювання

Абсолютна похибка засобу вимірювання – різниця між показами засобу вимірювань та істинним значенням вимірювальної величини.

$$\Delta X = X_{\text{вим}} - X$$

$X_{\text{вим}}$ - значення вимірюваної величини (розміру), одержане при її вимірюванні;

X – умовно істинне значення вимірюваної величини (розміру).

Значення X абсолютно точно визначити неможливо, оскільки нема таких вимірювальних засобів, які зовсім не мають похибок. Тому замість істинного значення X приймають умовно істинне значення, одержане при вимірюванні розміру

Відносна похибка засобу вимірювань – відношення абсолютної похибки вимірювання ΔX до істинного значення вимірюваної величини X .

$$g_x = (\Delta X / X) \cdot 100\%.$$

Точність вимірювального засобу – характеристика засобу вимірювання, яка відображає близькість його показників до істинного значення вимірюваної величини.

Точність вимірювального засобу визначається межею його допустимої похибки і характеризується класом точності.

Межа доступної похибки засобу вимірювань – найбільше значення, без урахування знаку, похибки засобу вимірювань, за яким цей засіб ще може бути визнаний придатним до застосування.

Границю допустимої похибки вказують в атестаті вимірювального засобу. Наприклад, для гладкого мікрометра МК при вимірюванні розмірів від 1 до 30 мм межа допустимої похибки становить $\pm 5,5 \mu\text{м}$.

Клас точності вимірювального засобу – узагальнена характеристика засобу вимірювань, що визначається границями його допустимих основної і додаткової похибок.

Сумарна похибка вимірювання складається з похибок мір, за якими проводили налагодження вимірювального засобу, з похибок викликаних відхиленням температур, похибок пов'язаних з невідповідністю вимірювального зусилля.

Точність вимірювання – значення фізичної величини, що відображає наближення до нуля похибок результатів вимірювання.

Питання для самоконтролю.

- 1 Що враховують при вимірюванні?
- 2 Які бувають похибки вимірювання?
- 3 Перелічити різновиди похибок вимірювання.

Самостійне заняття № 3

Тема: Вибір вимірювальних засобів

Мета: Виробити вміння вибирати засоби вимірювання лінійних розмірів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Вибір допустимої похибки
- 2 Визначення розмірів деталей
- 3 Знаходження допуску похибки

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения., с.124-125

При виборі засобів вимірювання лінійного розміру оброблюємої деталі необхідно враховувати наступні параметри:

Величину допуску на виготовлення вимірюваного розміру;

Номінальний розмір;

Допустиму похибку вимірювання даного розміру;

Засоби виробництва при виготовленні даної деталі;

Граничну (повну) похибку вимірювання вибирає мого вимірювального інструменту;

Для оцінки придатності вибирає мого засобу вимірювання співставляють величину допущеної похибки вимірювання контролюючого розміру, визначену по таблиці 16.1, з граничною похибкою вимірювання даним вимірювальним інструментом таб.2, 3.

Якщо гранична похибка вимірювання вибраним вимірювальним засобом не перевищує допущеної похибки вимірювання при оцінюванні придатності даного розміру, то такий вимірювальний інструмент застосовують заданого вимірювання.

Порядок дії при виборі засобу вимірювання лінійного розміру:

1 визначають по кресленню деталі номінальний розмір і граничні відхилення вимірювальної деталі. Підраховують величину допуску розміру в мікрометрах;

2 знаходять величину допускаємої похибки вимірювання деталі таб.1 по величині допуску і номінальному розміру;

3 вибирають засіб вимірювання по таблицям граничних похибок вимірювання зовнішніх розмірів таб.16.2, внутрішніх розмірів таб. 16.3 і записують вимірювальний прилад його діапазон вимірювання, ціну поділки шкали і величину граничної похибки вимірювання;

4 співставляють величини граничної і допустимої похибки вимірювання.

Приклад.

Вибрати засіб для вимірювання в умовах серійного виробництва діаметр валу $\varnothing 50 \text{ h } 11$.

1. Відомо, що зовнішній розмір деталі валу має номінальний розмір Ø50мм, поле допуску h 11, по таблицям визначаємо граничні відхилення: верхнє – 0, нижнє – 0,160мм, величину допуску T = 160мкм

2. Визначаємо величину допуску похибки вимірювання: по таблиці 1 знаходимо строку інтервалу номінальних розмірів 30...50мм і стовпчик 11-го квалітету. На перетині знаходимо поле допуску 160мкм допускаємо похибку вимірювання, яка дорівнює 40мкм.

3. По таблиці 2 підбираємо засіб вимірювання зовнішніх розмірів. В таблиці вказані граничні похибки вимірювання різними вимірювальними інструментами. Підбираємо по даній таблиці вимірювальний інструмент, який має діапазон вимірювання, що включає номінальний діаметр 50мм, і має граничну похибку вимірювання близьку до 40мкм, т.е. додопускаємо похибки вимірювання розглядаємої ступені валу. Знаходимо що краще всіх підходить скоба індикаторна з діапазоном вимірювання 0...50мм, ціною поділки 0,01мм, і граничною похибкою вимірювання 15мкм.

Ця скоба підходить до умов роботи в серійному виробництві

Таблиця 16.1 - Допущені похибки вимірювань δ в залежності від допусків розміру ГОСТ 8.051- 81

Номінальний Розмір, мм	Квалітети															
	2		3		4		5		6		7		8		9	
	мкм															
	T	δ	T	δ	T	δ	T	δ	T	δ	T	δ	T	δ	T	δ
ВідЗдоб	1,5	0,6	2,5	1,0	4	1,4	5	1,6	8	2,0	12	3	18	4	30	8
6 - 10	1,5	0,6	2,5	1,0	4	1,4	6	2	9	2,0	15	4	22	5	36	9
10-18	2,0	0,8	3,0	1,2	5	1,6	8	2,8	11	3	18	5	27	7	43	10
18-30	2,5	1,0	4,0	1,4	6	2	9	3	13	4	21	6	33	8	52	12
30-50	2,5	1,0	4,0	1,4	7	2,4	11	4	16	5	25	7	39	10	62	16
50-80	3,0	1,2	5,0	1,8	8	2,8	13	4	19	5	30	9	46	12	74	18
80-120	4,0	1,6	6,0	2,0	10	3	15	5	22	6	35	10	54	12	87	20
120-180	5,0	2,0	8,0	2,8	12	4	18	6	25	7	40	12	63	16	100	30
180-250	7,0	2,8	10,0	4,0	14	5	20	7	29	8	46	12	72	18	115	30
250-315	8,0	3,0	12,0	4,0	16	5	23	8	32	10	52	14	81	20	130	30
315-400	9,0	3,0	13,0	5,0	18	6	25	9	36	10	57	16	89	24	140	40
400-500	10,0	4,0	15,0	5,0	20	6	27	9	40	12	63	18	97	26	155	40
$\frac{\delta}{T} \%$	35		35		35		35		30		30		25		25	

Продовження таблиці. 16.2

Засоби вимірювань	Клас мір	Хід стержня мм.	Номинальний розмір, мм														
			0...25	25...50	50...75	75...100	100...125	125...150	150...175	175...200	200...225	225...250	250...275	275...300	300...400	400...500	
Скоба індикаторна ціна поділки 0,01мм	5	3	15		20						40				50	60	
	3	0,1	10														
Мікрометри гладкі ціна поділки 0,01мм	-	-	5		10		15		20		25		30		40		50
Мікрометри ричанні ціна поділки 0,002 і 0,01мм	-	-	4	6	10		15		20		25		30		40		50
Скоби ричанні Ціна поділки 0,002і0,005мм	3	Вся шкала	4	5	10		20	25	-								
	2	10 поділок	2		3		5		-								

Таблиця 16.3 – Граничні похибки вимірювання Δ мкм, внутрішніх лінійних розмірів універсальними вимірювальними приладами

Засоби вимірювань	Засоби установки	Хід стержня	Номинальний розмір, мм.				
			3...18	18...50	50...120	120...260	260...500
Штангенциркульз відліком по ноніусу 0,1мм	-	-	200		250	300	300
Штангенциркульз відліком по ноніусу 0,005мм	-	-	150		200	200	250
Нутромір мікрометричний ціна поділки 0,01мм	Установча міра	13	-		15	20	30
Нутромір індикаторний з відліковою головкою, ціна поділки 0,01мм	Кінцеві міри довжини 4го класу	-	15	20	25	25	30
	Кінцеві міри довжини 4го класу	0,1	10	10	15	15	20
	Кінцеві міри довжини 4го класу	0,03	5	5	10	10	-

Питання для самоконтролю.

- 1 Від чого залежить допуск на виготовлення деталі?
- 2 Як визначити розміри деталі?
- 3 Як визначити похибку деталі?

Самостійне заняття № 4

Тема: Плоскопаралельні кінцеві міри довжини. Штангенінструменти.
Мікрометричні інструменти

Мета: Вміти виконувати набуті знання у процесі вимірювання розмірів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Плоско паралельні КМД
- 2 Штангенінструменти
- 3 Мікрометричні інструменти

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения., с.125-132
- 2 Боженко Л.І., Стандартизація метрологія та кваліметрія., с. 168-173, с.174-175

Кінцеві міри довжини (ГОСТ 9038-90) – це однозначні міри призначені для відтворення одиниці довжини, налагодження універсальних засобів для відносних вимірювань та перевіряння засобів вимірювання. Найбільш поширені кінцеві міри довжини, що мають форму прямокутних плиток чи циліндричних стержнів, з двома плоскими та паралельними між собою робочими поверхнями.

Номінальний розмір між зазначеними поверхнями маркують переважно на бічних неробочих поверхнях (кінцеві міри з малими розмірами неробочих поверхонь як виняток маркують на робочих поверхнях). Кожна кінцева міра довжини відтворює тільки один лінійний розмір, наприклад: 1,005; 1,01; 1,02; 2; 5; 100мм тощо.

Точність вимірювання одиниці довжини за допомогою кінцевих мір значно вища за точність вимірювальних приладів. Плитки під дією молекулярних сил притягання мають здатність прилипати одна до одної, що дає змогу легко скласти їх у блоки по кілька штук для отримання заданих розмірів блока. З метою забезпечення високої точності розмірів блоків рекомендують добирати їх так, щоб кількість плиток у блоку не перевищувала п'яти .

Виготовляють плитки як поштучно, так і цілими комплектами, у які входять плитки з такими розмірами, щоб за допомогою кількох плиток дібрати будь який розмір у заданих межах із заданою точністю. Наприклад, набір плиток дає змогу набирати будь який розмір від 1до 250мм градацією через кожні 0,005мм,.

Крім основних розмірів плиток у їх комплекти додають ще дві чи чотири захисні плитки з однаковими розмірами 1 і 2мм, які забезпечують захист основних плиток від спрацювання їх робочих поверхонь.

Порядок добирання плиток у блоки рекомендують починати від плитки з найменшою градацією. Наприклад, для розміру блока 122,372мм спочатку беруть плитку з розміром 1,002мм. маючи в залишку 121,37мм. Взявши у наборі плитку 1,37, отримують в залишку розмір 120мм, який можна скласти з плиток 100мм. і 20мм.

Штангенінструменти служать для вимірювання зовнішніх і внутрішніх лінійних розмірів і належать до багатомірних шкальних вимірювальних засобів.

Основною особливістю штангенінструментів є наявність у них двох шкал – основної і додаткової. Основна шкала нанесена на штанзі, додаткова шкала, яка називається Ноніусом на штанзі. (Прототип сучасного Ноніуса запропонував французький математик П'єр Верньє 1580-1637. П.Ноніус португальський математик запропонував для відліку частин поділок основної шкали інший подібний прилад, який тепер не застосовується.)

Ноніусні шкали штангенінструментів будують, використовуючи принцип поділу одної поділки основної шкали на n частинок (переважно 10 чи 20). Наприклад, для $n = 10$ ціна поділки $1/n = 0,1\text{мм.}$, а для $n = 20$ становитиме $1/n = 1/20 = 0,05\text{мм.}$ Довжини ноніусних шкал з конструктивних міркувань приймають переважно 9; 19мм.

Мікрометри служать для вимірювання лінійних розмірів зовнішніх і внутрішніх поверхонь, глибин отворів, пазів, висоти уступів тощо. Принцип дії мікрометричних інструментів заснований на використанні мікрометричної гвинтової пари (гвинт – гайка) з кроком різьби $= 0,5\text{мм.}$

Гладкий мікрометр складається з скоби, в яку з одного боку запресована п'ятка з іншого вивертається мікрометричний гвинт. На гвинті знаходиться стебло, барабан і тріскачка.

Питання для самоконтролю.

- 1 Охарактеризуйте кінцеві міри лінійних розмірів.
- 2 Як відраховують розміри штангенциркулем?
- 3 Для чого служать штангенінструменти?
- 4 Устрій мікрометрів.

Самостійне заняття № 5

Тема: Важільно - оптичні прилади

Мета: Вміти виконувати набуті знання у процесі вимірювання розмірів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Індикатор годинникового типу
- 2 Індикаторні внутрішньо міри
- 3 Мікрокатори, оптикатор

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения., с.132-143
- 2 Боженко Л.І., Стандартизація метрологія та кваліметрія., с.189 - 195

До важільно - механічних приладів відносяться індикатори, ричажні скоби, індикаторні нутроміри і скоби, мініметри, ричанні мікрометри, вимірювальні головки. Ці прилади мають високу точність завдяки застосуванню в них різних важільно – механічних систем.

Прилади з зубчастою передачею є найбільш поширеними приладами, що застосовуються в практиці технічних вимірювань.

До приладів з зубчастою передачею належать індикатори годинникового типу. Промисловість випускає індикатори трьох типів: ІЧ з діаметром обичайки 58мм з межами вимірювання 0...5мм (ІЧ - 5) і 0...10мм (ІЧ - 10); малогабаритні ІЧ – 2 з діаметром обичайки 42мм з межами вимірювання 0...2мм і збільшені з діаметром обичайки 90мм з межами вимірювання 0...5мм (ІЧ - 5) при цині поділок 0,01мм і 0...10мм (ІЧ - 10) при цині поділок 0,1мм. Випускаються також індикатори з межами вимірювання 0...25 і 0...50мм. Ціна поділок індикаторів годинникового типу становить 0,01мм. Випускаються також індикатори підвищеної точності з межами вимірювання 0...2мм з ціною поділок 0,002мм.

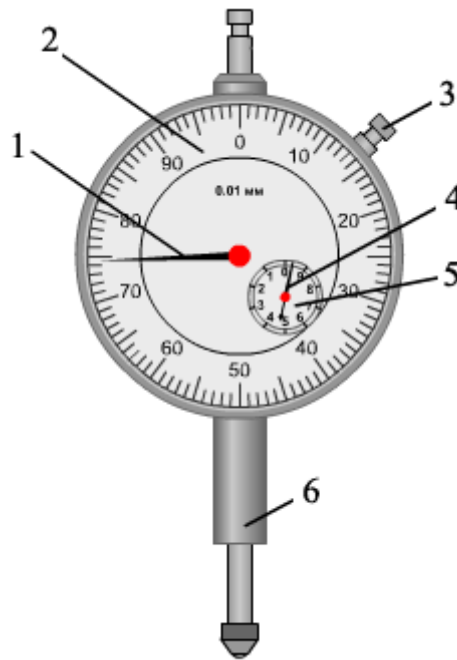
Принцип дії індикаторів годинникового типу заснований на перетворенні поступального руху вимірювального стержня в обертальний рух стрілки за допомогою зубчастого передавального механізму.

Механізм передачі індикатора годинникового типу складається з зубчастих пар. На вимірювальному стержні нарізана зубчаста рейка, яка знаходиться в зачепленні з зубчастим колесом. Переміщення вимірювального стержня перетворюється в круговий рух стрілки. Один повний оберт стрілки дорівнює 1мм на великій шкалі (100 поділок).

Індикаторні внутрішньоміри застосовуються для вимірювання отворів відносним методом від 3 до 1000мм. Індикаторна головка годинникового типу встановлюється в корпус індикаторного внутрішньоміра. Установка індикатора на нуль здійснюється по блоку кінцевих мір довжини.

Мікрокатори, ці прилади призначені для точних вимірювань. В залежності від типу мікрокатора ціна поділки шкали знаходиться в межах від 0,0001 до 0,01мм.

До важільно – оптичних приладів відноситься оптикатор. Ці прилади основані на сполученні оптичних схем і механічних важільних або пружинних передач. Чутливість оптикатора у 2 рази більша ніж у мікрокатора. Відбитий від дзеркала луч відхиляється на кут скляної шкали. Чутливість оптикатора в два рази більша ніж чутливість мікрокатора. Ціна поділки шкали оптикатора залежить від моделі і становить від 0,0001 до 0,001мм.



Індикатор годинникового типу:

1 — велика стрілка; 2 — шкала індикатора; 3 — стопор; 4 — стрілка; 5 — відлікова шкала; 6 — вимірювальний стрижень



Індикаторний внутрішньо мір

Питання для самоконтролю.

- 1 Охарактеризувати принцип дії індикатора годинникового типу.
- 2 Пояснити принцип вимірювання внутрішньоміром.
- 3 Яка чутливість мікрокатера і оптикатора.

Самостійне заняття № 6

Тема: Одиниця допуску. Розуміння квалітету

Мета: Виявити взаємозв'язок між досяжною точністю і розмірами за допомогою умовних величин

Питання, що виносяться на самостійне вивчення

- 1 Точність розмірів
- 2 Одиниця допуску
- 3 Квалітети і допуски

Література:

- 1 Козловский Н.С., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. - Москва: Машиностроение, 1982, с. 56 - 58
- 2 Боженко Л.І., Стандартизація метрологія та кваліметрія., с. 44 - 45

Точність розмірів визначається допуском – з зменшенням допуску точність підвищується, і навпаки. Але значення допуску без урахування величини і характеру розміру, призначення і умов роботи деталі не може служити мірою точності. Це пояснюється наступним:- Кожний технологічний метод обробки деталі характеризується своєю економічно обґрунтованою оптимальною точністю, але практика показує, що з збільшенням розміру зростають технологічні труднощі обробки деталей з малими допусками і оптимальні допуски при незмінних умовах обробки дещо збільшуються. Узагальнення робіт по обробці деталей на метало ріжучих верстатах дозволило показати взаємозв'язок між економічно досяжною точністю і розмірами за допомогою умовної величини – одиницею допуску.

Одиниця допуску. Для визначення величин допусків різних розмірів прийнято умовну одиницю допуску, яка визначає величину допуску залежно від номінального значення розміру. Таким чином одиниця допуску є множником у формулах допусків, що є функцією номінального розміру та яка служить для визначення числового значення допуску. Одиницю допуску для номінальних розмірів до 500 мм позначають літерою «і» і визначають за формулою:

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

де D - середнє геометричне з крайніх значень кожного інтервалу номінальних розмірів в мм.

Для першого інтервалу розмірів від 0 до 3 мм включно приймається

$$D = \sqrt{3}.$$

Для інших інтервалів з двох граничних значень інтервалу номінальних розмірів D_{\min} і D_{\max} тільки верхній D_{\max} включений до даного інтервалу. Розмір, що дорівнює D_{\min} належить до попереднього інтервалу розмірів.

Наприклад, розмір 6 мм входить до інтервалу розмірів від 3 до 6 мм включно, а не до інтервалу від 6 до 10 мм; розмір 18 мм входить до

інтервалу розмірів понад 10 до 18 мм включно, а не до інтервалу від 18 до 30мм і т.д.

Так, наприклад, для інтервалу номінальних розмірів від 3 до 6 мм включно матимемо:

$$D = \sqrt{D_{\min} \times D_{\max}} = \sqrt{3 \times 6} = 4,24 \text{ мм і т.д.}$$

Одиниця допуску для цього інтервалу номінальних розмірів становитиме:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{4,24} + 0,001 \cdot 4,24 = 0,73 \text{ мкм.}$$

Числові значення одиниць допуску для основних інтервалів розмірів до 500 мм наведені в таблиці.1.

Квалітети. Квалітет¹ (міра точності) - сукупність допусків, що розглядаються як відповідні одному рівню точності для всіх номінальних розмірів.

Таблиця 3.1 Формули розрахунку допусків (за ДСТУ 2500-94)

Квалітети	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Число одиниць допуску, к	-	-	-	2,7	3,7	5	7	10	16	25	40	64	100
Значення доп. для номінал, до 500 мм розмір, до 500 мм	0,3+ +0. 008 D	0,5 + +0. 012 D	0,8 + +0, 020 D	$k \times i$ де $i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001D$ (значення допусків в мкм при D в мм)									
Квалітети				12	13	14	15	16	17	18			
Число одиниць допуску, к				160	250	400	640	1000	1600	2500			
Значення доп. для номінал, розмір, до 500 мм				$k \times i$ де $i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001D$ (значення допусків в мкм при D в мм)									

Примітка 1. Значення к, починаючи з 5-го квалітету, приблизно відповідають геометричній прогресії з коефіцієнтом 1,6, тобто при переході до кожного наступного квалітету число одиниць допуску к збільшується на 60%, а через п'ять квалітетів - у 10 разів.

Наприклад, для квалітету IT11 $k_{11} = k_6 \cdot 10 = 10 \cdot 10 = 100$.

Примітка 2. Починаючи з 6-го квалітету, значення допусків помножують на 10 у випадку переходу з цього квалітету на п'ять квалітетів грубіше (за винятком 7,5, яке округляють до 8 для шостого квалітету в інтервалі розмірів від 3 до 6 мм (див. табл.3).

Наприклад, для інтервалу розмірів від 18 до 30 мм значення допуску IT6 = 13 мкм. Допуск для цього ж інтервалу розмірів для 11-го квалітету становитиме:

$$IT_{11} = IT_6 \times 10 = 13 \times 10 = 130 \text{ мкм.}$$

Така закономірність дозволяє встановлювати допуски IT і числа одиниць допусків к для квалітетів, грубіших 18-го квалітету.

Так, для розмірів від 18 до 30 мм для нестандартного 20-го квалітету $IT_{20} = IT_{15} \cdot 10 = 0,84 \cdot 10 = 8,4 \text{ мм}$ (табл..2).

Числові значення допусків залежно від квалітетів для інтервалів розмірів від 0 до 500 мм наведені в таблиці.2. Таким чином, квалітет визначає величину допуску незалежно від номінального значення розміру.

ССДП (ДСТУ-2500-94) встановлено 20 квалітетів, які позначаються порядковими номерами: 01; 0; 1...18 у порядку зменшення точності (збільшення допуску). Квалітети від 01-го до 5-го призначені переважно для калібрів.

Допуски з квалітетів позначаються сполученням великих літер IT з порядковим номером квалітету, наприклад, IT01, IT5, IT14 і т.д.

Значення допуску в кожному з квалітетів характеризується сталим числом одиниць допуску «/с», що називається коефіцієнтом точності.

Таким чином, значення допуску для будь-якого розміру визначається за формулою:

$$IT = k'i \text{ (для розмірів до 500 мм),}$$

де k - число одиниць допуску, що залежить від квалітету допуску (табл.2).

i - одиниця допуску, що залежить від номінального значення розміру (табл.1).

В найбільш точних квалітетах основний вплив на точність розмірів виявляє похибка вимірювання їх, яка прямопропорційна розміру. Тому для розмірів до 500 мм в перших трьох квалітетах допуски лінійно залежать від розміру і вираховуються за такими формулами:

$$IT_{01} = 0,3 + 0,008D; IT_0 = 0,5 + 0,012D; IT_1 = 0,8 + 0,020D$$

Число одиниць допуску «к» і формули для визначення значень допусків залежно від квалітетів для розмірів до 500 мм наведені в таблиці 2.

Від французького qualite

Таблиця 3.2. Числові значення допусків (за ДСТУ 2500-94).

Квалітети	Інтервали розмірів									
	До 3	Від 3 до 6	Від 6 до 10	Від 10 до 18	Від 18 до 30	Від 30 до 50	Від 50 до 80	Від 80 до 120	Від 120 до 180	Від 180 до 250
01	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2
0	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3
1	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5
2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7
3	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10
4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14
5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20
6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29
7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46
8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72
9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115
10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185
11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290
12	0,1	0,12	0,15	0,18	0,21	0,25	0,3	0,35	0,4	0,46
13	0,14	0,18	0,22	0,27	0,33	0,39	0,46	0,54	0,63	0,72
14	0,25	0,3	0,36	0,43	0,52	0,62	0,74	0,87	1,0	1,15
15	0,4	0,48	0,58	0,7	0,84	1,0	1,2	1,4	1,6	1,85
16	0,6	0,75	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9
17	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	3,0	3,5	4,0	4,6

Питання для самоконтролю

- 1 Від чого залежить точність допусків?
- 2 Що виражає одиниця допуску?
- 3 По яким формулам розраховують одиницю допуску?
- 4 Як розраховують допуск квалітету?

Самостійне заняття № 7

Тема: Допуск посадки

Мета: Ознайомитись з допусками посадок, виробити навички визначення допусків

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1 Допуск отвору і валу

2 Допуск посадки з зазором, з натягом і перехідної посадки

Література:

Козловский Н.С., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. - Москва: Машиностроение, 1982, с.62-63.

Допуск посадки – сума допусків отвору і вала, що складають з'єднання, тобто:

$$T = T_D - T_d$$

Ця формула є справедливою для всіх різновидів посадок: з зазором, з натягом і перехідних. Допуск посадки з зазором можна визначити як різницю між найбільшим S_{max} і найменшим S_{min} граничними значеннями зазору, тобто:

$$T_s = S_{max} - S_{min}$$

Аналогічно можна визначити допуск посадки з натягом як різницю між найбільшим N_{max} і найменшим N_{min} граничними значеннями натягу, тобто:

$$T_N = N_{max} - N_{min}$$

Допуск перехідної посадки можна визначити як суму найбільшого зазору S_{max} і найбільшого натягу N_{max} , тобто:

$$T_z = S_{max} + N_{min}$$

Оскільки при виготовленні партії деталей більшість з них будуть мати розміри, бузьки до середніх, то одержувані в посадках зазори або натяги також у більшості випадків будуть мати середні значення:

$$\text{Середній зазор: } S_m = \frac{S_{max} + S_{min}}{2}.$$

Середній натяг: $N_m = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2}$.

Питання для самоконтролю:

- 1 Чому дорівнює допуск отвору і валу?
- 2 Чому дорівнює допуск, при посадці з зазором?
- 3 Чому дорівнює допуск, при посадці з натягом?
- 4 Чому дорівнює допуск, при перехідній посадці?

Самостійне заняття № 8

Тема: Посадки в системі отвору і в системі валу

Мета: Оволодіти знаннями посадок систем отвору і валу

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Основна деталь – вал
- 2 Основна деталь – отвір

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения., с.63-65
- 2 Боженко Л.І. Стандартизація метрологія та кваліметрія., с.41-42

Посадки всіх груп з різними зазорами і натягами можливо отримувати зміну положення полів допусків обох спряжених деталей. Однак вигідніше отримувати посадки зміну поля допуску вала, або тільки поля допуску отвору.

Деталь у якій положення поля допуску не залежить від посадки, називають основною деталлю системи. Це може бути отвір або вал. В системі допусків і посадок основними деталями служить отвір або вал, у яких основне відхилення дорівнює нулю.

Таким чином, основна деталь, це коли поле допуску являється базовим для утворення посадок.

Основний вал – вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю. У основного вала поле допуску розташовано нижче нульової лінії і спрямовано в сторону зменшення номінального розміру. Потрібні зазори і натяги отримують, змінюючи основне відхилення неосновних деталей.

Основний отвір – отвір, у якого нижнє відхилення дорівнює нулю. У основного отвору верхнє відхилення дорівнює допуску.

Для обробки отворів застосовують спеціальні інструменти (зенкери, розвертки, протяжки, калібри – пробки). Число таких комплектів інструментів залежить від розрахованих номінальних розмірів.

Припустимо, необхідно виготовити два комплекти посадок з зазором і з натягом. В системі валу граничні розміри валу різні і для виготовлення посадок отворів необхідно підбирати багато різучих інструментів.

В системі отвору граничні розміри однакові, тому застосовують незначну кількість інструментів, а розміри валів отримують обробленням на верстатах. Завдяки цьому ця система в машинобудуванні має переваги,

Питання для самоконтролю:

- 1 Що називається основною деталлю?
- 2 Де знаходиться основне відхилення валу?
- 3 Де знаходиться основне відхилення отвору?

Самостійне заняття № 9

Тема: Загальні відомості системи допусків та посадок

Мета: Ознайомитись з системами допусків і посадок

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Стандартна система допусків і посадок
- 2 Сучасні системи допусків і посадок
- 3 Розвиток техніко – економічних показників

Література:

1. Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения., с.66 -67.

Системою допусків і посадок називають комплекс рядів допусків і посадок , утворених на основі теоретичних досліджень і узагальнення досвіду проектування, виготовлення і експлуатації виробів. Стандартні системи допусків і посадок розроблені для різних типових з'єднань деталей машин і приладів. Вони забезпечують взаємозамінність в машино- і приладобудуванні , утворюють умови для стандартизації кінцевої продукції , комплектуючих виробів, ріжучого інструменту і калібрів , сприяють підвищенню якості продукції.

Сучасні системи допусків і посадок:

- а) охоплювати визначні діапазони розмірів, які для скорочення таблиць допусків розділяють на інтервали розмірів;
- б) одержують одиниці допусків, виражаючи залежність допуску від розміру;
- в) одержують необхідне число квалітетів , класів або ступенів точності , в яких установлені допуски різної величини для однакових номінальних розмірів;
- г) одержують необхідний різновид посадок двох рядів – в системі отвору і в системі валу;
- д) являються граничними асиметричними системами , в яких точність розмірів задана двома граничними розмірами, а поля допусків основного отвору і основного валу розташовані асиметрично відносно нульової лінії;
- е) мають визначену температуру для проведення точних вимірювань $t=20^{\circ}\text{C}$

Системи допусків і посадок оформлені у вигляді таблиць , які мають значення допусків і відхилень для всіх інтервалів , розмірів, квалітетів, ступенів і класів точності. Державні системи допусків і посадок є обов'язковими.

Комплексна програма розвитку техніко – економічного співробітництва держав членів СЕВ передбачено створення ряду систем допусків і посадок типових з'єднань , погоджених з рекомендаціями ІСО. Система допусків і посадок СЕВ відповідає повністю системі допусків і посадок ІСО, яка рекомендована 1971р.

Питання для самоконтролю:

- 1 Для чого розробляють систему допусків і посадок?
- 2 Які умови охоплює сучасна система допусків і посадок?
- 3 Що передбачає програма співробітництва з СЕВ?

Самостійне заняття № 10

Тема: Поля допусків в ЄСДП

Мета: Закріпити знання з полями допусків при утворенні посадок

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Утворення полів допусків
- 2 Система допусків і посадок в ISO
- 3 Утворення посадок

Література:

Козловский Н.С., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. - Москва: Машиностроение, 1982, с.76-80.

Поля допусків в ЄСДП утворюються поєднанням одного з основних відхилень з допуском по одному з квалітетів. Утворення поля допуску позначають однією літерою або двома літерами основного відхилення і цифрою, яка вказує номер квалітету. Наприклад, позначення г6, р6, г6 показує на схемі поля допусків валів, а саме 6 – квалітет з основними відхиленнями г р г. Позначення Н7 (квалітет 7, основне відхилення Н).

Принцип утворення полів допусків, прийнятий в ЄСДП допускає поєднання любых основних відхилень з любыми квалітетами. Використання усіх основних відхилень і квалітетів дозволяє отримати 490 полів допусків для вала і 489 для отвору. Такі широкі можливості утворення полів допусків дозволяє застосовувати ЄСДП у різних випадках. Це являється великим достоїнством. Однак на практиці використання всіх полів допусків неекономічно, так як утворює велику кількість посадок і велику кількість спеціальної технологічної оснастки.

При розробці національних систем допусків і посадок в системі ІСО із усіх полів допусків вибирають тільки ті поля, які забезпечують вимоги промисловості нашої країни і її зовнішні зв'язки. При цьому враховують рекомендації по вибору полів допусків, розроблені ІСО. Обмежений відбір полів допусків валів і отворів прийнятий стандартами.

Для розмірів від 1 до 500мм встановлено 77 полів допусків валів і 68 полів допусків отворів загального застосування. Число полів допусків отворів скорочено за рахунок полів допусків, які застосовуються для посадок з натягом в системі волю. З указанного числа виділені переважні поля допусків – 10 отворів і 16 валів. Крім того доповнені 68 полів допусків. В першу чергу застосовують переважні, а потім решту полів допусків загального застосування. Доповнені поля застосовують, якщо посадку потрібного характеру неможливо отримати за допомогою полів допусків загального призначення.

Посадки можливо отримувати поєднанням любых полів допусків з числа рекомендованих для використання. В ЕСДП установлені посадки двох груп: посадки в системі отвору з основним отвором Н, у яких $EI = 0$ і посадки в системі валу з основним валом h , у якого $es = 0$.

В кожній групі посадок установлені посадки з зазором, перехідні і з натягом. Для посадок з зазором застосовують неосновні вали $d - h$ або неосновні отвори А-Н ; для перехідних посадок – неосновні вали $j_s - n$ або неосновні отвори $J_s - N$; для посадок з натягом – неосновні вали $p - zc$ або неосновні отвори Р – ZС.

Так як допуск визначає точність деталей , а величина і знак основного відхилення – характер з'єднання деталей, то поєдную різні поля допусків, можливо отримать любую необхідну посадку. Наприклад, поєднування валу $g6$ з отвором Н7 дає посадку з більшим значенням N_{min} чим з'єднання валу $p6$ з таким же отвором. Змінюся тільки основне відхилення , можливо отримать посадки іншого характеру. Наприклад, поля допусків Н7 і $g6$ дають посадку с зазором. В розглянутих випадках мінявся характер з'єднання, але точність обробки деталей і допуски посадок залишались однаковими.

В ЕСДП посадки не мають спеціальних назв і позначаються комбінаціями умовних позначень полів допусків. Наприклад, з'єднання отвору і валу які мають номінальні діаметри 20мм і оброблені по полям допусків Н6 і $f6$ утворює посадку в системі отвору, яка на креслені позначається

$$\text{Ø}20 \frac{H6}{f6}, \quad \text{Ø} H6/f6 \text{ або} \quad \text{Ø} H6 - f6$$

Незалежно від способу запису в чисельнику дробу або на першому місті строки спочатку пишуть умовне позначення поля допуску отвору, а потім на другому місті умовне позначення поля допуску вала. Якщо основне відхилення валу позначено символом основного вала – літерою h , то посадка виконана в системі вала. Наприклад, посадки $F7/h7$ і $F6/h6$ відносяться до системи вала. Таким чином , умовні позначення показують прийнятну систему посадок, позначені квалітети, основні відхилення і характер з'єднання, а також дає уявлення об величинах зазорів і натягів.

Питання для самоконтролю:

- 1 Як утворюються основні відхилення і квалітети?
- 2 Як позначають допуски?
- 3 Коли користуються переважними полями допусків отворів?
- 4 Коли користуються переважними полями допусків валів?

Самостійне заняття № 12

Тема: Технічні вимоги на калібри

Мета: Розкрити призначення гладких калібрів

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

1. Робочі калібри
2. Приймальні калібри
3. Контрольні калібри

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения., с.106 - 107
- 2 Боженко Л.І., Стандартизація метрологія та кваліметрія., с.225 -227

За призначенням калібри поділяються на робочі (Р), приймальні (ПР) і контрольні (К).

Робочі калібри (позначаються: Р-ПР - прохідні і Р-НЕ - непрохідні) призначені для контролювання оброблених деталей робітниками і заводськими контролерами на робочих місцях.

Приймальні калібри (позначаються: П-ПР - прохідні і П-НЕ - непрохідні) призначені для контролювання готових виробів замовниками і контролерами відділу технічного контролю заводу. Приймальних калібрів спеціально не виготовляють, їх відбирають з числа до певного рівня спрацьованих робочих калібрів.

Контрольні калібри (контркалібри) призначені для перевірки робочих і приймальних калібрів під час їх виготовлення і використання. Контркалібрами перевіряють тільки калібри-скоби, оскільки калібри-пробки доцільніше перевіряти високоточними універсальними вимірювальними засобами (мікрометри, оптиметрами тощо).

Встановлені такі умовні позначення контрольних калібрів:

У К-РП - контркалібр, призначений для контролювання найменшого граничного розміру прохідної сторони робочої скоби (Р-ПР). Він є прохідним.

І К-И - контркалібр, призначений для контролювання величини спрацьовання прохідних сторін робочих калібрів - скоб (Р-ПР) з метою вилучення їх з експлуатації при спрацьованні більше від допустимого, а також для налагодження регульованих калібрів-скоб. Він є непрохідним.

К-НЕ - контркалібр, призначений для контролювання непрохідних сторін робочих (Р-НЕ) і приймальних (П-НЕ) калібрів.

К-П - контркалібр, призначений для контролювання прохідних сторін приймальних калібрів (П-ПР).

Контрольні калібри виготовляються у вигляді гладких калібрів-пробок.

Питання для самоконтролю:

- 1 Охарактеризувати призначення робочих калібрів.
- 2 Охарактеризувати призначення приймальних калібрів.
- 3 Охарактеризувати призначення контрольних калібрів.

Самостійне заняття № 13

Тема: Точність підшипників кочення

Мета: Розкрити значення класів точності підшипників

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Класи точності підшипників кочення
- 2 Маркування підшипників кочення
- 3 Вибір класів точності підшипників

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения., с.166 -167
- 2 Боженко Л.І., Стандартизація метрологія та кваліметрія., с. 72- 74

Точність підшипників кочення - міра відповідності дійсних значень геометричних і функціональних параметрів виготовленого підшипника кочення та його деталей розрахунковим чи номінальним значенням.

Точність підшипників кочення визначається такими основними показниками:

- точністю монтажних (приєднувальних) поверхонь, тобто точністю розмірів і форми отвору діаметром d внутрішнього кільця і циліндричної поверхні діаметром D зовнішнього кільця і ширини кільця B (b)

- точністю розмірів і форми тіл кочення, а також доріжок кочення зовнішнього і внутрішнього кілець;

- шорсткістю монтажних і торцевих поверхонь кілець та ін. Залежно від кількісного значення показників точності для підшипників кочення встановлено класи точності (ДСТУ 3012-95):

- 0, 6, 5, 4, 2, T — для кулькових і роликових радіальних та кулькових радіально-упорних підшипників;

- 0, 6, 5, 4, 2 - для упорних і упорно-радіальних підшипників;

- 0, 6X, 6, 5, 4, 2 - для роликових конічних підшипників. Встановлено додаткові класи точності підшипників 8 і 7, нижче класу точності 0 для використання за замовленням споживача в невідповідальних вузлах.

Класи точності підшипників зазначені у порядку підвищення точності. Клас точності підшипника вказується через тире перед умовним позначенням підшипника, наприклад 5-205. Нульовий клас точності, як найбільш поширений у загальному машинобудуванні, перед умовним позначенням підшипника не вказується, наприклад 205 - підшипник нульового класу точності.

Залежно від наявності вимог за рівнем вібрації, допустимих значень рівня вібрації або рівня інших додаткових технічних вимог, встановлені три категорії підшипників: А, В, С.

До категорії А належать підшипники класів точності 5, 4, 2, Т.

До категорії В - класів точності 0, 6Х, 6, 5.

До категорії С - класів точності - 8, 7, 0, 6.

До підшипників, які належать до категорії С не ставлять додаткових вимог, які встановлені для підшипників категорій А і В і вони належать до підшипників нормальної точності.

Додаткові технічні вимоги до підшипників категорій А, В і С встановлені в ГОСТ 520-89, а їх конкретні значення встановлюють в технічних умовах на підшипники або в конструкторській документації.

Підшипники кочення маркують нанесенням на торець одного з кілець підшипника ряду цифр і літер, які умовно означають внутрішній діаметр, серію, тип, конструктивні особливості, клас точності, додаткові вимоги, тощо. Перші дві цифри справа означають його внутрішній діаметр d . Для підшипників з $d = 20...495$ мм розмір внутрішнього діаметра визначається множенням зазначених двох цифр на 5. Наприклад, підшипник 7309 має $d = 45$ мм ($09 \times 5 = 45$).

Третя цифра справа означає серію діаметрів: особливо легка серія - 1, легка - 2, середня - 3, важка - 4 і т.д. Наприклад: підшипник 7309 - підшипник середньої серії діаметрів та ширин.

Четверта цифра справа означає тип підшипника:

0* - кульковий радіальний;

1 - кульковий радіальний сферичний;

2 - роликовий радіальний з короткими циліндричними роликами;

3 - роликовий радіальний з сферичними роликами;

4 - роликовий радіальний з довгими циліндричними або голчастими роликами;

6 - кульковий радіально-упорний;

7 - роликовий конічний та ін.

8 - якщо після нуля зліва цифр немає, то нуль в умовному позначенні підшипника не проставляється.

Літера Т або цифри 2, 4, 5, 6 і 6Х, які стоять через тире перед цифрами умовного позначення підшипника вказують на його клас точності. Нормальний клас точності позначається цифрою 0, яка не проставляється.

Наприклад, підшипник 6 - 405 - підшипник кульковий радіальний, важкої серії з внутрішнім діаметром $d = 25$ мм шостого класу точності;

211 - підшипник кульковий радіальний, легкої серії, з внутрішнім діаметром $d = 55$ мм, нормального (нульового) класу точності;

4-2208 - підшипник роликовий радіальний з короткими циліндричними роликами, легкої серії з $d = 40$ мм, четвертого класу точності.

Система умовних позначень підшипників встановлена ГОСТ 3189-89. Знаки, що містяться в умовному позначенні підшипника, означають додаткові вимоги.

Наприклад, знаки Х, ХІ... означають, що кільця і тіла кочення або тільки кільця (в тому числі одне кільце) виготовлені з сталі, що може цементуватися.

Знаки Т, Т1...Т5 використовуються для позначення температури, при якій провадиться стабілізуючий відпуск для експлуатації.

Наприклад, Т1 - температура відпуску 400°С для кілець з сталі 95Х18 (95Х18-Ш).

Марка сталі, твердість кілець і роликів, передбачена для підшипників кочення, не поширюється на підшипники, які мають в умовному позначенні додаткові знаки Т, Т1...Т5.

При вибиранні класів точності підшипників кочення можна керуватися такими міркуваннями.

Якщо точність обертання не має великого значення, а навантаження і швидкості помірні, достатньо застосувати підшипники нульового класу точності. Підшипники 6-го і 5-го класів слід застосовувати в тих випадках, в яких вимагається підвищена точність обертання; підшипники 4-го і особливо 2-го класів точності застосовують у точних приладах, для головок шпинделів точних верстатів, а також при дуже великих швидкостях обертання, коли посадки кілець підшипників виконують за 5-м і 6-м квалітетами.

Найбільш поширеними є підшипники нульового класу точності.

Таблиця 23.1. Кулькові радіальні однорядні підшипники кочення (за ГОСТ 8338-75, скорочено)

Умовне позначення підшипника	Розміри, мм				Вантажопідйомність, кН	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>г</i>	Динамічна, <i>C</i>	Статична, <i>Co</i>
Легка серія						
206	30	62	16	1,5	15,0	10,0
207	35	72	17	2	19,7	13,5
208	40	80	18	2	25,1	17,8
209	45	85	19	2	25,2	17,8
210	50	90	20	2	27,0	19,0
Середня серія						
306	30	72	19	2,0	21,6	14,8
307	35	80	21	2,5	25,7	17,6
308	40	90	23	2,5	31,3	22,3
309	45	100	25	2,5	37,1	26,2
310	50	110	27	3,0	47,6	35,6
Важка серія						
406	30	90	23	2,5	36,5	26,7
407	35	100	25	2,5	42,8	31,3
408	40	110	27	3,0	49,3	36,3
409	45	120	29	3,0	59,2	45,5
410	50	130	31	3,5	67,2	53,0

Питання для самоконтролю:

- 1 Які класи точності встановлені для підшипників кочення?
- 2 Які категорії встановлені для підшипників кочення?
- 3 Як розшифрувати позначення підшипників кочення?
- 4 Охарактеризувати вибір класів точності підшипників.

Самостійне заняття № 14

Тема: Допуски на кутові розміри

Мета: Оволодіти знаннями допуски на кутові розміри

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Кутові розміри загального призначення
- 2 Вимірювання розмірів кутів
- 3 Допуск кутового розміру
- 4 Ступені точності

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения., с.193-196
- 2 Боженко Л.І., Стандартизація метрологія та кваліметрія., с79 - 83

В конструкціях машин використовуються деталі, в яких поверхні можуть бути розташовані під деяким кутом одна до одної. Наприклад, шківів і варіатори клинопасових передач, поверхні прилягання клапанів і їх гнізд у двигунах внутрішнього згорання тощо. У машинобудуванні на кутові розміри і конусності встановлено державні стандарти.

Стандартизовані кути і конусності називаються нормальними.

Всі нормальні кути, які застосовуються у машинобудуванні, поділяються на три групи:

- 1) нормальні кути загального призначення (найбільш поширена група кутів);
- 2) нормальні кути спеціального призначення (мають обмежене застосування в стандартизованих спеціальних деталях);
- 3) спеціальні кути (кути, які визначаються особливими експлуатаційними і технічними вимогами).

Кутові розміри можуть бути незалежними і залежними.

Незалежні - такі кутові розміри, які не пов'язані з іншими параметрами (розмірами) виробів і їх розміри призначаються за ГОСТ 8908-81.

Залежні кутові розміри визначаються основними параметрами (розмірами) виробів, до яких вони належать. Наприклад, кут підйому гвинтової лінії різьби залежить від її кроку P , кути конусів інструментів визначаються їх конусністю.

Для обмеження різноманітності застосування кутів ГОСТ 8908-81 встановлені розміри нормальних кутів загального призначення з довжиною меншої сторони кута до 2500 мм з розподіленням їх на три ряди переважного застосування.

До першого ряду входять кути: 0° ; 5° ; 15° ; 20° ; 30° ; 45° ; 60° ; 90° ; 120° . Другий ряд доповнений такими кутами: $0^\circ 30'$; 1° ; 2° ; 3° ; 4° ; 6° ; 7° ; 8° ; $10^\circ 40'$; 75° . Третій ряд є найбільш повним і містить ще такі кути: $0^\circ 15'$ $0^\circ 45'$; $1^\circ 30'$;

2°30'; 9°; 12°; 18°; 22°; 25°; 35°; 50°; 55°; 65°; 70°; 80°; 85 100°; 110°; 135°; 150°; 165°; 180°; 270° і 360°.

При вибиранні номінальних значень кутових розмірів, потрібно взяти їх з першого ряду. Якщо конструкція виробу не дозволяє застосувати жодного з них, то потрібно вибрати кут з другого ряду і тільки у крайньому обґрунтованому випадку слід взяти кут з третього ряду. Наприклад, поверхні прилягання клапанів і їх гнізд у двигунах внутрішнього згоряння розташовуються під кутами 30° або 45°, які належать до першого ряду переважного застосування.

Для вимірювання розмірів кутів найбільш поширеною є градусна міра: градус (°), кутова хвилина (') і кутова секунда (").

Градусом називається площинний кут, що дорівнює 1/360 частини центрального кута, який спирається на повне коло. Один градус дорівнює 60 кутовим мінутам, одна кутова хвилина дорівнює 60 кутовим секундам.

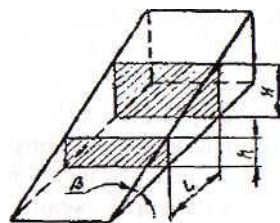
Міжнародною системою одиниць (СІ) як додатковою одиницею кутового розміру прийнятий радіан.

Кутом в один радіан називається площинний кут між двома радіусами круга, який відтинає з кола дугу, довжина якої дорівнює радіусу цього кола. Кут в 360° дорівнює 2 π радіан. Один радіан дорівнює 57°17'44,8".

Для призматичних деталей (рис. 25.1), крім кутів, допускається застосування нахилів і відповідних їм кутів, наведених в табл. 25.1.

Таблиця 25.1

Нахил S	Кут нахилу /3
1:500	6'52,5"
1:200	17' 11,3"
1:100	34'22,6"
1:50	1°8'44,7"
1:20	2°51'44,7"
1:10	5°42'38,1"



$H-h$

Рис. 25.1. Значення нахилів і відповідних їм кутів

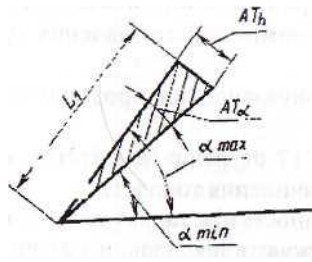


Рис. 25.2. Допуск кута.

Допуски кутових розмірів призначаються за ГОСТ 8908-81.

Допуском кутового розміру AT (від англійського виразу *angle tolerance* - допуск кута) називається різниця між найбільшим () і найменшим () граничними значеннями кута (рис. 25.2).

Допуск кутового розміру може виражатися:

1) в кутових одиницях радіанної чи градусної міри AT (точне значення) і AT^l (округлене значення допуску в градусній мірі) (рис. 25.2);

2) довжиною відрізка A), на перпендикулярі до сторони кута, протилежному куту og на відстані L від вершини цього кута (рис. 25.2).

На кресленнях рекомендується позначати округлені значення допуску кута A в градусах, хвилинах, секундах.

Крім того для кутів конусних деталей допуск кута може виражатися допуском AT_D на різницю діаметрів у двох перерізах конуса на довжині L між ними (рис. 25.3, а).

Допуски кутів конусів з конусністю не більше 1:3 повинні призначатися залежно від номінальної довжини конуса L . При більшій конусності допуски призначаються залежно від довжини твірної конуса L_t (рис. 25.3, б).

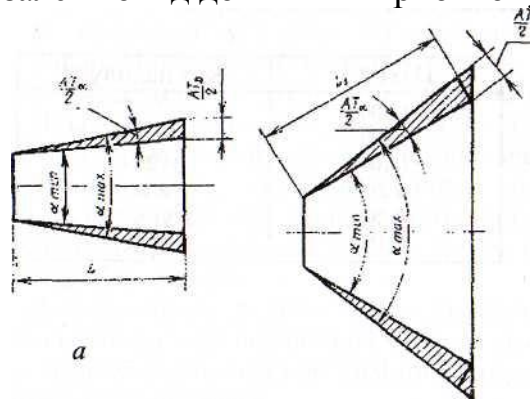


Рис. 25.3.

Призначення допусків кутів конусів: а) залежно від довжини конуса L ; б) залежно від довжини твірної конуса L_t .

Допуски кутових розмірів можуть бути розташовані в плюс ($+AT$), в мінус ($-AT$) чи симетрично ($\pm AT/2$) відносно номінального значення кутового розміру (рис. 25.4).

В обґрунтованих випадках може застосовуватися інше розташування допуску кута.

Стандартом ГОСТ 8908-81 встановлено 17 ступенів (квалітетів) точності кутових розмірів: 1,2... 17 в порядку зменшення точності.

За необхідності призначення більшої точності ніж та, яку дає 1-й квалітет, допуски ступенів точності 01 і 0 одержують послідовним діленням допуску першого ступеня точності на коефіцієнт 1,6 (значення знаменника ряду *R5* переважних чисел).

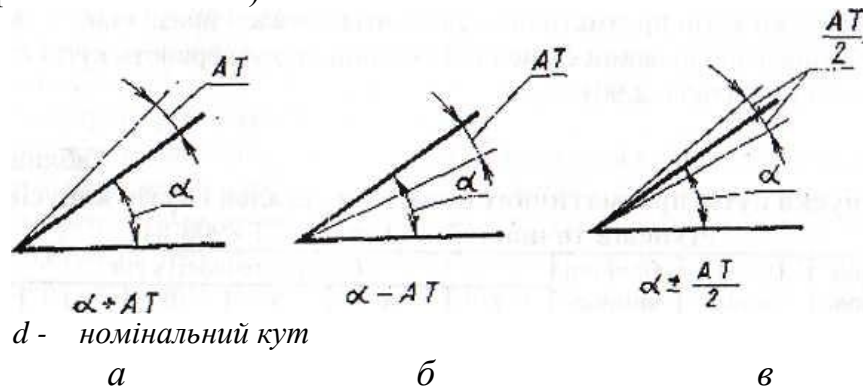


Рис. 25.4. Варіанти розташування допусків кутових розмірів: а) - в плюс (+*AT*); б) - в мінус (-*AT*); в) - симетрично (+*AT*/2).

При позначенні допуску кутового розміру заданої точності до позначення допуску кута *AT* додають номер відповідного ступеня точності, наприклад, *AT1*, *AT2*, ..., *AT11*.

Ступені точності 1...4 використовуються для кутових мір; 5...7 - для кутів високої точності; 8... 12 - для кутів нормальної точності; 13... 15 - для кутів пониженої точності; 16, 17 - для вільних кутових розмірів, (табл. 2.89).

Таблиця 25.2. Приклади застосування ступенів точності допусків кутових розмірів і конусів.

Ступінь точності	Приклади застосування
5	Зовнішні конуси надвисокої точності герметичних з'єднань; конусні калібри-пробки.
6	Внутрішні конуси надвисокої точності; конусні калібри-втулки.
7; 8	Деталі підвищеної і високої точності, які вимагають відмінного центрування.
9	Те саме при менших вимогах до точності з'єднань.
10; 11; 12	Деталі нормальної точності, які потребують наступного притирання.
13; 14	Деталі заниженої точності; стопорні пристрої.
15	Конічні заглиблення під головки гвинтів.
16; 17	Не з'єднані (вільні) розміри.

Питання для самоконтролю:

- 1 Які кути і ряди застосовуються у машинобудуванні?
- 2 Чим визначаються кутові розміри?
- 3 Чим виражається допуск кутового розміру?
- 4 Скільки ступенів точності встановлено для допусків кутових розмірів?

Самостійне заняття № 15

Тема: Посадки і типи конічних з'єднань

Мета: Розкрити характер з'єднання конічних посадок

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Конічна посадка с зазором
- 2 Конічна перехідна посадка
- 3 Конічна посадка з натягом

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. с.199-200
- 2 Боженко Л.І., Стандартизація метрологія та кваліметрія. с.88 - 90

Стандарти передбачають рухомі, нерухомі та змішані конічні з'єднання. Схеми полів допусків конічних з'єднань зображені на рис.26.1. Особливістю конічних з'єднань є те, що їх характер може змінюватись залежно від взаємного переміщення з'єднуваних деталей вздовж осі симетрії. Взаємний рух з'єднуваних деталей, тобто зменшення базової відстані з'єднання відповідно зумовлює спочатку зменшення проміжку між конічними поверхнями о нуля, а потім створення заданого натягу. Забезпечуючи дібрані осьові переміщення, визначають заданий характер з'єднання у межах граничних відхилень розмірів конічних поверхонь. Відповідно до цього стандартами передбачені такі характери конічних з'єднань: зі заданими взаємними зміщеннями деталей, зусиллями запресування та базовою відстанню з'єднання.

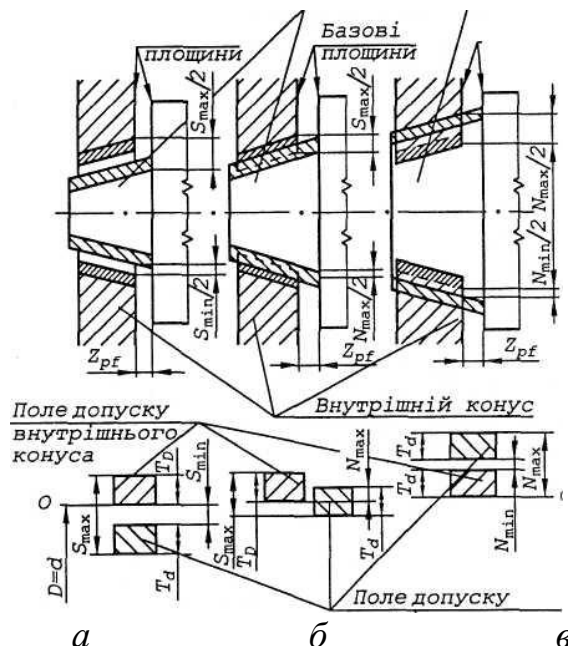


Рис. 26.1.

Якість конічних поверхонь з'єднаних деталей має бути високою (шорсткість від 0,016 до 0,032 за параметром R_a для герметичних з'єднань робочі поверхні ще додатково притирають за допомогою спеціальних паст.

Приклад. Визначити осьове зміщення, потрібне для затягування інструментального конуса Морзе 3АТ_D7 за допомогою гвинта, який вкручують у різьбовий отвір d_1 у торцевій поверхні конуса (рис.26.2, а) з урахуванням таких вихідних даних: конічна поверхня конуса виконана з найбільшими граничними похибками конусності, прямолінійності та округлості; конічні поверхні з'єднаних деталей конуса та корпусу мають контактувати між собою вздовж усієї їх довжини; значення натягу в основі площині з'єднання має бути більшим від 0,030 мм.

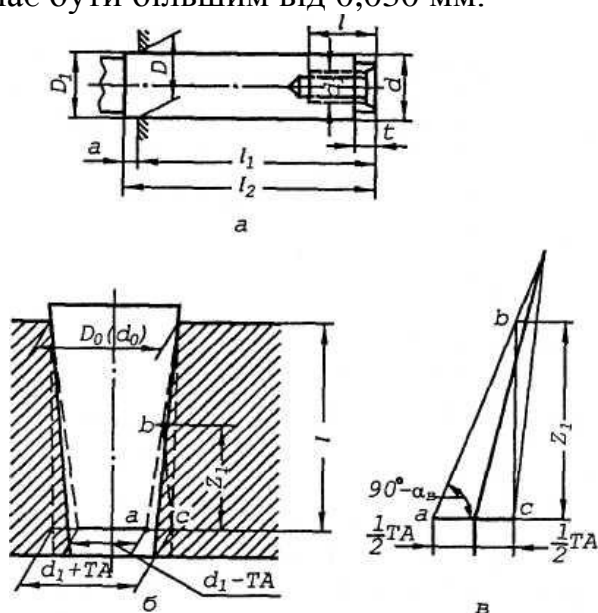


Рис. 26.2.

Розв'язання. Допустивши рівність значень діаметрів поверхонь конуса та отвору у корпусі в основній площині ($D_0 = d_0$) та симетрію їх граничних відхилень кутових розмірів розглянемо два можливих варіанти у заданому конічному з'єднанні: першому кут конічної поверхні вала більший від кута конічної поверхні отвору у корпусі, а у другому кут конічної поверхні менший від кута конічної поверхні отвору. На рис 26.2 можливі варіанти з'єднання зображені пунктирними лініями. Додатне відхилення кута вала та від'ємне відхилення кута отвору зумовлюють отримання значень розмірів малих діаметрів вала та отвору у площині, розміщеній на відстані l від основної площини з'єднання, відповідно $d_1 - \frac{TA_D 7}{2}$ - для конічної поверхні конуса та $d_1 - \frac{TA_D 7}{2}$ для конічної поверхні отвору у корпусі, де $TA_D 7$ — граничне відхилення кута конуса на довжині його твірної, мм. Із [2,8] для кону-Морзе 3АТ_D7 знаходимо $TA_D 7 = 0,020$ мм, а із трикутника abc рис.26.2, в) знаходимо потрібне значення осьового зміщення конусануса відносно корпусу з'єднання для контакту між собою обох конічних поверхонь, як

$Z_1 = \frac{2TA_D7}{k}$, де k - конусність конічної поверхні конуса. Підставивши із [2,8]

$k = 0,05020$, отримаємо потрібне осьове зміщення конуса відносно отвору корпусу $Z_1 = \frac{2 * 0,020}{0,05020} = 0,727$ мм. Беручи до уваги граничні відхилення

конічної поверхні конуса від прямолінійності $\Delta_{\text{п}}$ та округлості $\Delta_{\text{к}}$, які згідно з [2, 8] відповідно $\Delta_{\text{п}} = 0,005$ мм і $\Delta_{\text{к}} = 0,010$ мм, отримаємо сумарне граничне відхилення $TA_{D7} = TA_{D7} + D_{\text{п}} + D_{\text{к}} = 0,020 + 0,005 + 0,010 = 0,035$ мм.

Сумарне осьове зміщення $Z_{1c} = \frac{2TA_{D7c}}{k} = \frac{2 * 0,035}{0,05020} = 1,394$ мм, а

потрібний найбільший сумарний натяг у основній площині $N_c = k - Z_{1c} = 0,05 - 1,394 = 0,070$ мм. Отримане значення і від заданого $0,030$ мм, що задовольняє умову задачі.

Питання для самоконтролю:

- 1 Охарактеризувати посадку с зазором.
- 2 Охарактеризувати перехідну посадку.
- 3 Охарактеризувати посадку з натягом

Самостійне заняття № 16

Тема: Відхилення кута профілю різі і його діаметральна компенсація

Мета: Навчити аналізувати відхилення кутів профілю різьби

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Відхилення половини кута профілю різьби
- 2 Номінальний і внутрішній профіль різьби
- 3 Реальний профіль зовнішньої різьби

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. с.208-210

Відхилення кута профілю різьби і його діаметральна компенсація характеризується відхиленням половини кута профілю різі $\alpha/2$ для різі з симетричним профілем або відхиленнями кутів нахилу бічних сторін профілю для різі з не симетричним профілем. Відхиленням половини кута профілю $\Delta\alpha/2$ називають різницю між дійсним $\alpha_0/2$ і номінальним $\alpha/2$ значеннями половини кута даного профілю різі рис. 27.1 а і б. Ці відхилення також властиві технологічним процесам різьбоутворення і відповідним чином повинні бути компенсовані.

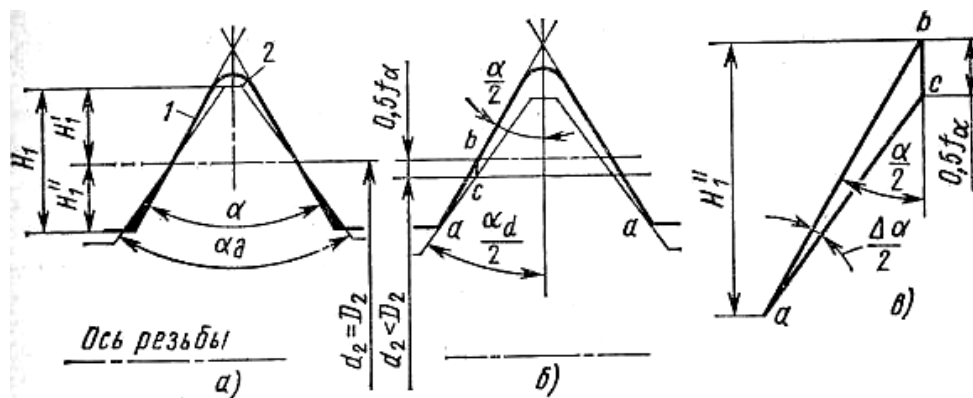


Рис. 27.1

Сумістити номінальний профіль 1 внутрішньої різі з реальним профілем 2 зовнішньої різі, маючий відхилення половини кута профілю. Затемнені ділянки показують, що профілі 1,2 перекриваються і при рівності середніх діаметрів і шагу згвинчувати різі неможливо рис. 27,1а. Для компенсації відхилень $\alpha_d/2$ здвинемо реальний профіль 2 у бік зменшення середнього діаметра гвинта d_2 на величину $0,5f_\alpha$, при якій зникне перекриття профілів 1, 2, але збережеться їх контакт в точках рис. 27.1б. Суміщення профілю 2 можливо розрахувати по теоремі синусів для косокутового трикутника abc рис. 27.1 б, і в. В цьому трикутнику кути при вершинах abc

відносно рівні $\Delta\alpha/2, \alpha/2, i180^\circ - (\alpha/2 + \Delta\alpha/2)$; бічна сторона протилежного куту $\angle bac$, дорівнює $0,5 f_\alpha$; наближено $H_1'' = H_1/2$, тому сторона протилежна куту $\angle acb$ дорівнює $H/[2\cos\alpha/2]$. При цих умовах по теоремі синусі отримаємо

$$\frac{f_\alpha}{2\sin\alpha/2} = \frac{H_1}{2\cos(\alpha/2) \cdot \sin[(\alpha/2) + (\Delta\alpha/2)]}$$

Після ряду скорочень і перетворень отримуємо формулу для обчислення діаметральної компенсації відхилення половини кута профілю різі

$$f f_\alpha = \frac{0,582H_1}{\sin\alpha} \Delta\alpha/2$$

Значення $\Delta\alpha/2$ при симетричному профілі дорівнює середньому арифметичному значенню відхилень правої $\Delta\alpha_{np}/2$ та лівої $\Delta\alpha_n/2$ половини кута профілю, $\Delta(\alpha/2) = 0,5[\Delta(\alpha_{np}/2) + \Delta(\alpha_n/2)]$

У формулі робочу висоту профілю замінюють через шах різьби P , тоді для метричної різі $f_\alpha \approx 0,36P\Delta(\alpha/2)$ для трапецієподібної $f_\alpha \approx 0,582P\Delta(\alpha/2)$ в кутових хвилинах; f_α в мкм і P в мм.

Значення f_p і f_α для зовнішньої та внутрішньої різі обчислюють по одним і тим же самим формулам, але на кресленні ці відрізки відкладають по різні боки відносно номінальних контурів: для зовнішньої різі нижче, а для внутрішньої різі вище цього контуру.

Відхилення середнього діаметрі різі, якщо умовно замінити різьбову поверхню гладким циліндричним такого ж діаметра, то легко уявити, що при виготовленні різі неминуче відхилення власного середнього діаметра різі. Ці відхилення обмежуються допущеними значеннями $\Delta d_2(\Delta D_2)$, які можливо встановити по аналогії з допусками на гладкі циліндричні вироби.

Питання для самоконтролю:

- 1 Як визначити відхилення половини кута профілю різьби?
- 2 Як, що профілі різьб перекриваються, що буде з різьбою?
- 3 Як розрахувати зсув реального профілю різьби.

Лекція № 17

Тема: Допуски метричної різі. Посадки з натягом

Мета: Продовжити вивчення посадок, їх відхилення діаметрів і розташування полів допусків

Методи: Словесні, організація і здійснення навчальної діяльності

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Застосування посадок з натягом
- 2 Поля допуску різьб

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения: - Москва: Машиностроение, 1982.с.219-224

1

Посадки з натягом

Посадки з натягом для різьбових з'єднань використовуються в основному для з'єднання шпильок з корпусними деталями, якщо не можна застосувати з'єднання типу болт-гайка. Ці посадки застосовують у з'єднаннях, які працюють при навантаженнях з ударами, вібрацією, при коливаннях температури з метою запобігання можливості самовідгвинчування тільки за рахунок натягу без застосування додаткових елементів заклинювання.

Відповідно до ГОСТ 4608-81 посадки з натягом поширюються на різьби з профілем за ГОСТ 9150-81 з діаметрами $d = 5 \dots 45$ мм і кроком $P = 0,8 \dots 3$ мм. Ці різьби призначені для утворення посадок з натягом за середнім діаметром. По зовнішньому і внутрішньому діаметрах різьби передбачені зазори.

Посадки з натягом передбачені для зовнішніх різьб із сталі (різьба на вгвинчуваній частині шпильки), які згвинчуються з внутрішніми різьбами деталей із сталі, чавуну, високоміцних і титанових сплавів, алюмінієвих і магнієвих сплавів.

2

Для посадок з натягом в ГОСТ 4608-81 передбачені поля допусків за зовнішнім діаметром d і за середнім діаметром d_2 для зовнішньої різьби і за внутрішнім D_1 та середнім D_2 діаметрами для внутрішньої різьби і два ряди посадок для кроків $P \leq 1,25$ мм і $P \geq 1,25$ мм.

Основні відхилення і ступені точності різьб наведені в табл. 1, а рекомендовані поля допусків і їх поєднання в посадках з натягом наведені в табл.2.

Таблиця 1.

Основні відхилення і ступені точності діаметрів різьб, призначених для утворення посадок з натягом (за ГОСТ 4608-81)

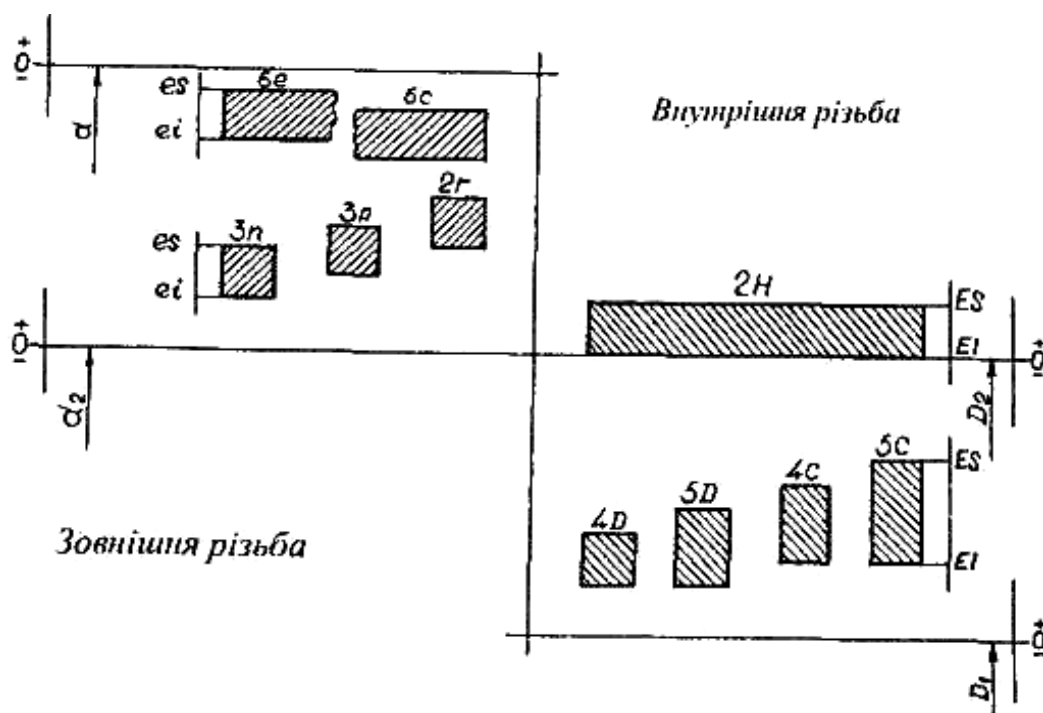
Різновид різьби	Діаметри різьби	Основні відхилення при кроках P , мм		Ступені точності
		До 1,25	Понад 1,25	
Зовнішня різьба	Зовнішній d	e	c	6
	Середній d_2	$n; p; r$		2;3
Внутрішня різьба	Зовнішній D	H		—
	Середній D_2	H		2
	Внутрішній $D_1,$	D	C	4; 5

Таблиця 2.

Рекомендовані поля допусків і їх поєднання в посадках з натягом (за ГОСТ 4608-81)

Матеріал деталі з внутрішньою різьбою	Поля допусків			Посадки		Додаткові умови складання
	Зовнішньої різьби	Внутрішньої різьби		При кроках P , мм		
		При кроках P , мм		До 1,25	Понад 1,25	
		До 1,25	Понад 1,25			
Чавун і алюмінієві сплави	$2r$	$2H5D$	$2H5C$	$2H5D/2r$	$2H5C/2r$	-
Чавун, алюмінієві і магнієві сплави	$3p(2)$	$2H5D(2)$	$2H5C(2)$	$2H5D\{2\}$ $2r(2)$	$2H5C(2)$ $2r(2)$	Сортування на дві групи
Сталь, високоміцні і титанові сплави	$3n(3)$	$2H4D(3)$	$2H4C(3)$	$2H4D\{3\}$	$2H4C(3)$	Сортування на три групи
				$3n(3)$	$3n(3)$	

Схема розташування полів допусків для різьбових з'єднань з посадками з натягом наведена на рис. 2.



При вгвинчуванні різьбової частини шпильки в гніздо при посадках з натягом зростають напруги в з'єднанні, що може призвести до появи пластичних (залишкових) деформацій або навіть до руйнування деталей з внутрішньою різьбою, тому виникає потреба у проведенні селективного (вибіркового) складання із сортуванням різьбових деталей на розмірні групи.

Різьбові деталі сортують на розмірні групи за розміром середнього діаметра, який виміряний в середній частині довжини різьби. Кількість розмірних груп зовнішньої і внутрішньої різьби при їх сортуванні, зазначено в дужках (табл. 2).

Різьбові з'єднання потрібно складати з різьбових деталей, які належать до одноіменних розмірних груп.

Селективне складання застосовується переважно у великосерійному і масовому виробництві. В ремонтному сільськогосподарському виробництві можна застосовувати посадки, утворені полями допусків зовнішньої різьби (шпильки) $3p$ і $3n$: без сортування на розмірні групи в поєднанні з полями допусків внутрішньої різьби (гнізда) $2H5D$ і $2H5C$. Однак застосування цих посадок вимагає додаткової перевірки і за необхідності передбачення додаткових елементів заклинювання різьб.

Граничні відхилення діаметрів зовнішньої і внутрішньої різьб для утворення посадок з натягом наведені в табл.3.

Таблиця 3.

Граничні відхилення діаметрів зовнішньої і внутрішньої різьби для утворення посадок з натягом (за ГОСТ 4608-81, скорочено)

Номінальний діаметр різьби d , мм	Крок P , мм	Зовнішня різьба				Внутрішня різьба			
		Діаметри різьби							
		d	d_2	D_2	D_1	Граничні відхилення, мкм для посадок $2H5D(2)/3p(2)$ $2H5C(2)/3p(2)$			
		es	ex	es	ei	ES	ES	EI	
Понад 2,8 до 5,6	0,8	-60	-210	+96	+48	+50	+250	+90	
Понад 5,6 до 11,2	1	-60	-240	+109	+53	+60	+280	+90	
	1,25	-63	-275	+116	+56	+63	+307	+95	
	1,5	-140	-376	+130	+63	+71	+376	+140	
Понад 11,2 до 22,4	1,25	-63 -	-275 -	+123	+56	+71	+307	+95	
	1,5	140 -	376 -	+134	+63	+75	+376	+140	
	1,75	145 -	410 -	+142	+67	+80	+410	+145	
	2	150 -	430 -	+155	+75	+85	+450	+150	
	2,5	160	495	+170	+85	+90	+515	+160	
Понад 22,4 до 45	2 3	-150 -	-430 -	+160	+75	+90	+450	+150	
		170	545	+195	+95	+106	+570	+170	

Самостійне заняття № 18

Тема: Призначення шпонкових і шліцьових з'єднань

Мета: Ознайомити з принципами роботи шпонкових і шліцьових з'єднань

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Переваги шпонкових і шліцьових з'єднань
- 2 Застосування шпонкових і шліцьових з'єднань

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. с.239 - 240

Шпонкові з'єднання відіграють велику роль у сучасному машинобудуванні. Вони призначені для передачі обертових моментів між валами і втулками, для фіксування взаємного розташування з'єднаних деталей.

Недоліками шпонкових з'єднань є послаблення перерізів деталей пазами і тим самим створення концентраторів напружень в цих перерізах, що може призвести до руйнування шпонкових деталей. Крім того, окремі різновиди шпонок (наприклад, клинові) викликають перекошення шпонкових деталей, зміщення їх осей, а також поверхневі деформації пазів і шпонок. Зважаючи на це, шпонкові з'єднання часто замінюються шліцьовими.

Шліцьові, як і шпонкові з'єднання, мають надзвичайно велике значення для сучасного машинобудування. Перевагою цих з'єднань є не тільки їх здатність передавати великі обертові моменти, але й можливість здійснювати відносно переміщення з'єднаних деталей уздовж осі, легкість складання і розбирання вузлів під час ремонту.

Найважливішою перевагою шліцьових з'єднань порівняно з шпонковими є можливість передавати великі обертові моменти, висока міцність і надійність з'єднання, підвищена точність центрування валів і втулок. Шліцьове з'єднання можна вважати багатошпонковим, у якому шпонки становлять одне ціле з валом. У машинобудуванні найчастіше застосовуються три різновиди шліцьових з'єднань: з прямобічним, евольвентним і трикутним профілем шліців (рис.31.1).

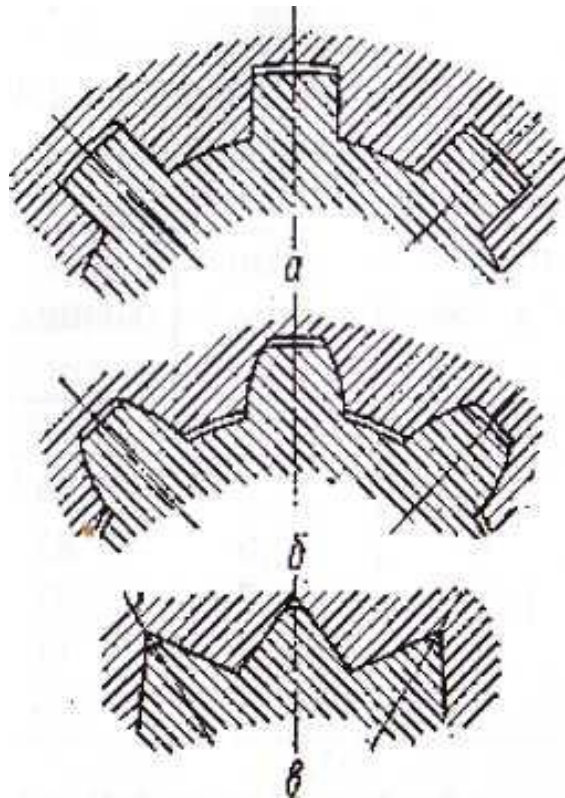


Рис. 31.1. Види шліцьових з'єднань:
a - прямобічні; *б* -евольвентні; *в* - трикутні.

Наприклад, прямобічні шліцьові з'єднання застосовуються в коробках передач та ведучих мостах більшості тракторів і автомобілів, шліцьові частини карданних валів і їх муфт, півосей задніх мостів автомобілів тощо.

Евольвентні шліцьові з'єднання застосовуються в коробках передач енергоємних тракторів Т-150 і Т-150К.

Шліцьові деталі з трикутним профілем шліців застосовуються у з'єднаннях сошки з валом механізму керма та ін.

Питання для самоконтролю:

- 1 Назвати переваги шпонкових і шліцьових з'єднань
- 2 Назвати застосування шпонкових і шліцьових з'єднань

Самостійне заняття № 19

Тема: Контроль шліцьових деталей і з'єднань

Мета: Навчити проводити контролювання відхилень шліців калібрами

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Диференційоване контролювання шліцьових з'єднань
- 2 Комплексне контролювання шліцьових з'єднань

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. с.248 - 250
- 2 Базієвський С.Д., Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. с. 450-452

Для забезпечення можливості складання виготовлених або відновлених деталей шліцьового з'єднання застосовують два різновиди контролювання:

- диференційоване (поелементне) контролювання основних розмірів D , d і v , граничні розміри яких обмежені допусками;
- комплексне контролювання за допомогою спеціальних шліцьових калібрів.

Метою кожного з цих різновидів контролювання є встановлення того, чи розміри елементів шліцьових деталей, відхилення їх форми і розташування шліців (зубців) знаходяться в заданих межах (в межах допусків). Відхилення форми і розташування зубців і западин числовими значеннями не обмежуються і диференційовано не перевіряються.

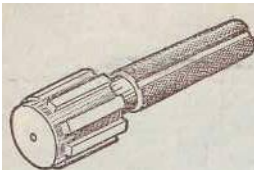
При диференційованому різновиді контролювання кожний елемент зокрема може бути вимірний універсальними вимірювальними засобами, однак це не означає, що таке шліцьове з'єднання може бути складене. Для забезпечення складання шліцьових з'єднань їх деталі потрібно контролювати комплексними методами.

На заводах-виробниках диференційовану, або поелементну, перевірку з'єднань здійснюють граничними калібрами.

При відновленні спрацьованих шліцьових деталей диференційовану перевірку провадять універсальними вимірювальними засобами. Зовнішній діаметр D шліцьового вала вимірюють мікрометром або важільною чи індикаторною скобою, а втулки - мікрометром для внутрішніх вимірювань. Внутрішній діаметр вала d вимірюють мікрометром, а втулки - індикаторним внутрішньоміром.

Ширину западин шліцьової втулки вимірюють мікрометром для внутрішніх вимірювань або за допомогою калібру-пластинки щупів наборів № 3 чи № 5. Товщину зубців вала вимірюють штангензубоміром або штангенциркулем з ціною поділки 0,02 мм.

Таблиця 1 Комплексні калібри для контролювання прямобічних шліцьових з'єднань (за ГОСТ 24960-81).

Номер калібра	Назва виду калібра, виконання	Креслення	Застосування
1	Калібр-пробка шліцьовий прямобічний		При центруванні по d , D або e і довжині контрольованого отвору не більше $2l$.
2	Калібр-пробка шліцьовий прямобічний		При центруванні по d і довжин контрольованого отвору не менше $1,5l_1$
			При центруванні по D або e і при довжині контрольованого отвору понад $2l_2$
3	Калібр-кільце шліцьовий прямобічний		При будь-якому способі центрування.

Радіальне биття шліцьового вала по зовнішньому діаметру D вимірюють індикатором на штативі при прокручуванні вала в центрах. Цим же способом, але без прокручування вала, можна визначити паралельність шліців один одному і осі вала. Зазори в шліцьовому з'єднанні визначають щупами.

Отже, при диференційованому різновиді контролювання шліцьових деталей, кожний елемент деталі вимірюють універсальними вимірювальними засобами.

Основним завданням комплексного контролювання є контролювання форми і взаємного розташування поверхонь елементів шліцьових деталей, зокрема, перевірка рівномірності колового кроку між виступами і западинами та паралельності бічних поверхонь виступів і западин осям вала і втулки.

Комплексне контролювання шліцьових деталей здійснюється комплексними прохідними калібрами. За формою вони являють собою прототипи шліцьових деталей.

Різновиди і основні розміри комплексних калібрів для контролювання шліцьових прямобічних з'єднань встановлені ГОСТ 24960-81. (табл. 1). Для комплексного контролювання шліцьових втулок застосовують комплексні калібри-пробки (табл.1), а для комплексного контролювання шліцьових валів застосовують шліцьові калібри-кільця (табл.1).

Відповідно ГОСТ 24961-81...ГОСТ 24966-81 випускаються калібри-пробки і калібри-скоби, призначені для контролювання зовнішнього діаметра d і товщини зубців шліцьових валів. Ці калібри мають прохідні (ПР) і непрохідні (НЕ) частини.

Шліцьові деталі (вал і втулка) вважаються придатними, якщо комплексний калібр проходить, а зовнішній і внутрішній діаметри, товщина зубця вала і ширина западини втулки не виходять за встановлені межі (за межі допуску).

При контролюванні шліцьових деталей комплексними калібрами, калібри повинні проходити по контрольованій поверхні деталі під дією сили ваги калібра в будь-якому положенні без переставляння калібра.

На ремонтних підприємствах при відсутності комплексних шліцьових калібрів можна використати нові шліцьові деталі.

Контролювання евольвентних шліцьових деталей здійснюється диференційовано (поелементно) і комплексно (комплексними калібрами) аналогічно прямобічним шліцьовим з'єднанням.

Комплексними калібрами контролюють сумарний допуск T , який включає відхилення власне ширини западини втулки і товщини зубця вала, відхилення форми і взаємного розташування елементів профілю западини втулки чи зубця вала. Якщо комплексні калібри не застосовуються, то провадять поелементне контролювання, при якому окремо контролюють допуски власне ширини западини втулки T_e , або товщини зубця вала T_s при цьому $T_e = T_s$

Для контролювання евольвентних шліцьових деталей застосовують комплексні прохідні і гладкі непрохідні калібри. Комплексними калібрами, крім відхилень розмірів, контролюють відхилення від паралельності бічних поверхонь зубців вала і западин втулки відносно осі центруючої поверхні.

Гладкими непрохідними калібрами контролюють товщину зубців вала і ширину западин втулки, які конструктивно являють собою відповідно кільце (для контролювання валів) чи пробку (для контролювання втулок) з двома протилежно розташованими секторами із двох зубців кожний. Контролювання такими калібрами слід провадити не менше як в трьох положеннях.

Зовнішній діаметр шліцьового вала і внутрішній діаметр шліцьової втулки контролюють граничними калібрами, пробками і скобами, виконаними для контролювання гладких циліндричних деталей.

Питання для самоконтролю:

- 1 Назвати різновиди контролювання шліцьових з'єднань.
- 2 Як перевірити спрацьовану шліцьову деталь?
- 3 Назвати калібри для шліцьових з'єднань.

Самостійне заняття № 20

Тема: Показники норм контакту зубів у передачі

Мета: Виявити рівень знань, при виборі степені точності спряжених зубчастих передач

Питання, що виносяться на самостійне вивчення:

- 1 Комплексні показники контакту зубів
- 2 Вибір ступенів точності
- 3 Види спряжених зубів зубчастих передач

Література:

- 1 Козловский Н.С., Виноградов А.Н., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения с. 262 - 267

У складеній зубчастій передачі важливо забезпечити повноту контакту робочих поверхонь зубців повідного і веденого коліс. В цьому випадку питома навантаження в зачепленні рівномірно розподіляється по поверхні зубців, виключається концентрація навантаження на обмеженій ділянці поверхні зубця, створюються умови для рівномірного мащення зачеплення і забезпечується розрахункова міцність зубців зубчастих коліс.

Рівномірність контакту легко визначити за плямою контакту. Для цього робочі поверхні зубців повідного колеса покривають рівномірним тонким шаром фарби, яка при повертанні зубчастих коліс переноситься на зубці веденого колеса, утворюючи на них плями контакту (рис. 1). Пляма контакту, одержана на кожному зубці дає повну уяву про характер контакту зубців і рівномірність розподілення питомих навантажень. При збільшенні повноти контакту зубців, тобто площі і рівномірності розподілення плями контакту на робочих поверхнях зубців, підвищується надійність передач.

Комплексними показниками повноти контакту зубців є сумарна і миттєва пляма контакту.

Сумарною плямою контакту називають частину активної бічної поверхні зубця зубчастого колеса, на якій знаходяться сліди прилягання (пляма контакту) зубців парного зубчастого колеса в складеній передачі після обертання її при заданому навантаженні.

Миттєвою плямою контакту називають частину активної бічної поверхні зубця більшого зубчастого колеса передачі, на якій знаходяться сліди його прилягання (пляма контакту) до зубців меншого зубчастого колеса, покритого барвником, після обертання більшого зубчастого колеса складеної передачі на один оберт при легкому гальмуванні, що забезпечує контактування зубців обох коліс.

Пляму контакту оцінюють за відотною її довжиною і відотною висотою.

Відносна довжина плями контакту дорівнює відношенню відстані a між крайніми точками плями контакту з відніманням розривів c , які перевищують модуль, до довжини зубця b (рис. 2.129), тобто:

$$[(a - \Sigma c_i) / b] \cdot 100 \%$$

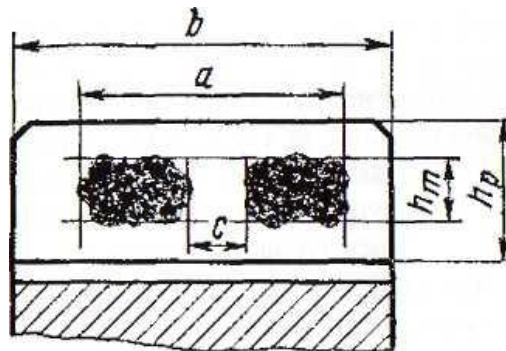


Рис. 1

Відносна висота плями контакту дорівнює відношенню її середньої висоти h_m , до висоти зубця h_p , яка відповідає активній (робочій) бічній поверхні зубця (рис.1), тобто:

$$(h_m / h_p) \cdot 100 \%$$

В ГОСТ 1643-81 встановлені норми контакту зубців у передачі (сумарна пляма контакту) % по довжині і по висоті зубців (табл.1).

Таблиця 1. Норми контакту зубців у передачі (сумарна пляма контакту) (за ГОСТ 1643 – 81, скорочено)

Ступінь точності	Відносні розміри сумарної плями контакту у відсотках	
	По висоті зубців, не менше	По довжині зубців, не менше
5	55	80
6	50	70
7	45	60
8	40	50
9	30	40
10	25	30
11	20	25

На повноту контакту зубців впливає похибка напрямку зубця.

Похибка напрямку зубця циліндричних зубчастих коліс $F_{\beta r}$ - відстань між двома найближчими номінальними ділильними лініями зубця в торцевому перерізі, між якими розміщується дійсна ділильна лінія зубця, що відповідає робочій ширині зубчастого вінця чи півшевронна (рис.2).

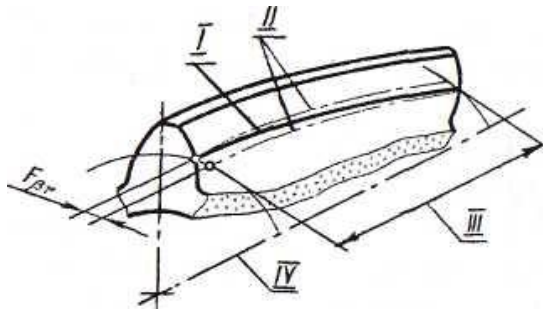


Рис.2

I - дійсна ділильна лінія зубця; II - номінальні ділильні лінії зубця;
 III - ширина зубчастого вінця; IV - робоча вісь зубчастого колеса.

Похибка напрямку зубця є елементним показником повноти контакту зубців зубчастого колеса. Цю похибку обмежують допуском F_β (табл.2).

Таблиця 2. Норми контакту зубців (показник F_β)
 (за ГОСТ 1643-81, скорочено)

Ступінь точності	Позначення	Модуль m, мм	Ширина зубчастого вінця, мм		Ступінь точності	Позначення	Модуль m, мм	Ширина зубчастого вінця, мм	
			До 40	Понад 40 до 100				До 40	Понад 40 до 100
			мкм					мкм	
3	F_β	Від 1 до 10	4,5	6	8	F_β	Від 1 до 40	18	25
4	F_β	Від 1 до 10	5,5	8	9	F_β	Від 1 до 55	28	40
5	F_β	Від 1 до 16	7	10	10	F_β	Від 1 до 55	45	63
6	F_β	Від 1 до 16	9	12	11	F_β	Від 1 до 10	71	100
7	F_β	Від 1 до 25	11	16	12	F_β	Від 1 до 10	112	160

Примітка: Позначення: F_β -допуск на напрямок зубця.

Контакт зубців у передачах ступенів точності 3... 11 визначається сумарною або миттєвою плямою контакту. За миттєвою плямою контакту рекомендується оцінювати контакт зубців у передачах невисокої точності.

Для збільшення повноти контакту зубців необхідне точне встановлення заготовок на зубообробних верстатах і їх відмінний технічний стан.

На повноту контакту зубців зубчастої передачі впливає також перекошення (відхилення від паралельності) осей у вертикальній і в горизонтальній

площинах у складній передачі, тому слід забезпечувати не тільки належну точність виготовлення зубчатих коліс, але й складання зубчастих передач.

Питання для самоконтролю:

- 1 Як визначити контакт зубів зубчатої передачі?
- 2 Що таке сумарне п'ятно контакту?
- 3 Що таке миттєве п'ятно контакту?
- 4 Що враховують при виборі степені точності?
- 5 Охарактеризуйте бічний зазор.