

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та комп'ютерних технологій



Кафедра «Технічний сервіс в АПК»

ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА
ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

Методичні вказівки до практичної роботи №21
на тему: **«ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНТРОЛЮ**
ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ»

напрямок підготовки 6.050503 «Машинобудування»

ОКР Бакалавр
(на основі повної загальної середньої освіти)

2018

Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання.
Методичні вказівки до практичної роботи №21 на тему:
«ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНТРОЛЮ ЗУБЧАСТИХ
ПЕРЕДАЧ» для студентів напрям підготовки 6.050503
«Машинобудування» ОКР Бакалавр (на основі повної загальної
середньої освіти) Таврійський державний агротехнологічний
університет, 2018. – 20 с.

Розробили: к.т.н., проф. Серий І.С.,
к.т.н., доц. Паніна В.В.,
ас. Полудненко О.В.

Рецензент: доц. Дашивець Г.І.

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри
“Технічний сервіс в АПК” .

Протокол № від р.

Схвалено і рекомендовано до впровадження в навчальний процес
методичною комісією факультету інженерії та комп'ютерних
технологій

Протокол № від р.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНТРОЛЮ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Практична робота №21

МЕТА РОБОТИ: засвоїти методику визначення норм точності при виготовленні зубчатих колес.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

Розвиток навиків використання таблиць стандартів та визначення значень допусків залежно від ступеня точності.

1.2 Питання для самопідготовки

1. Групи норм точності зубчастих передач. Ступінь точності?
2. За якою характеристикою зубчастої передачі призначаються, в основному, ступені точності ?
3. Як позначаються норми точності зубчастих коліс на креслениках?
4. Де на кресленіку зубчастого колеса вказують норми точності і параметри контролю ?

1.3 Рекомендована література

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник/ І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Серый И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения.-2-е изд., перераб. и доп./ И.С. Серый -М.: Агропромиздат, 1987.-367с.
3. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання./ І.С. Сірий -Київ.:Урожай, 1995.-264с.

4. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебник.-5-е изд., перераб. и доп./А.И. Якушев – М.: Машиностроение, 1979.– 343 с.

5. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебник для втузов/А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов.-6-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1986.– 352 с.

6. Допуски і посадки. Справочник в 2т / В.Д. Мягков и др. Л. Машиностроение.т.1 1982 – 543с.; т.2. 1983 – 448 с.

2 ВКАЗІВКИ З ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма роботи

1. З'ясувати основні поняття та визначення взаємозамінності зубчастих передач.
2. Ознайомитись з засобами вимірювання зубчастих передач.

2.2 Вихідні дані до виконання роботи

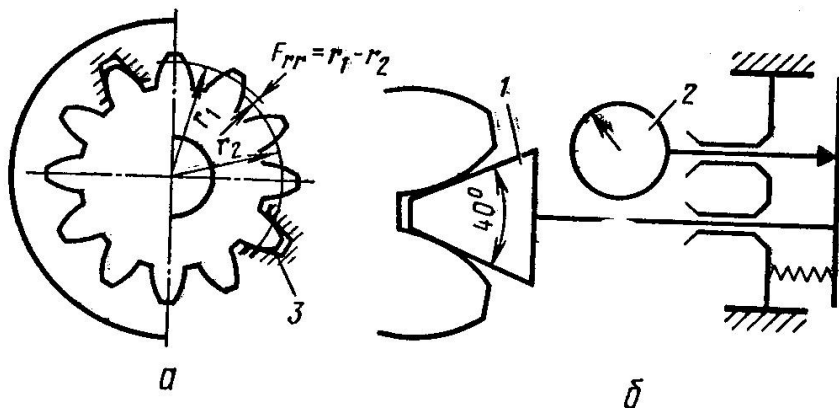
Похибки виробництва і складання зубчатих передач викликають динамічні навантаження, вібрації, шум, нагрів, концентрацію напруг на окремих ділянках зубів та інш. Тому, залежно від умов експлуатації та груп передач (відсчетні, швидкісні, силові, загального призначення), до зубчатим колесам пред'являються різні вимоги, як за величиною, так і за характером допустимих помилок. Так, кінематична точність визначається **кінематичною** помилкою передачі (різниця між дійсним і номінальним кутом повороту ведучого колеса передачі, вона виражається в довжині дуги ділітного окружності). Ця вимога пред'являється до розподільних механізмів металоріжущих верстатів, індикаторів годинного типу, шестірні газорозподілу, шестірні та рейкові топливного насосу дизеля, розподільні головки

Основна похибка, що впливає на кінематичну точність зубчастого колеса, - це радіальне биття зовнішнього діаметру відносно внутрішнього поля токарної обробки, а також радіальне биття після встановлення заготовки колеса на верстат для нарізання (шліфування) зубів.

Контроль

Для виміру величин похибки, що визначає кінематичну точність, застосовують наступні прилади:

1. **Биттямір** [2 С.311, рис. 147]. Допуски на радіальне биття зубчастого вінця (ГОСТ 9178-72 и ГОСТ 1643-72) приведен таблице 5.7 [6, т.2 с.317] залежно від ступеня точності, модуля та діаметру ділительної окружності.



1 –вимірювальний конус; 2 - індикатор

Рисунок 1 – Радіальне биття зубчастого венцу (а) і схема биттяміру (б).

F_{rr} – найбільша в межах зубчастого колеса різниця відстані від його робочої вісі до ділительної прямої елементу нормального вихідного контура одиночного зуба або впадини, умовно накладеного профіля зуб'ів колеса (рисунок 1 а)). Радіальне биття зубчастого венцу контролюють на биттямірі (рисунок 1 б)), у якого вимірювальний конус 1 виконує роль елемента нормального вихідного контура, а биття визначається як різниця показників індикатора 2.

2. **Нормалемером** (для вимірювання довжини загальної нормалі) мікрометричний, індикаторний. Коливання довжини загальної нормалі на одному колесі характеризує кінематичну точність колеса.

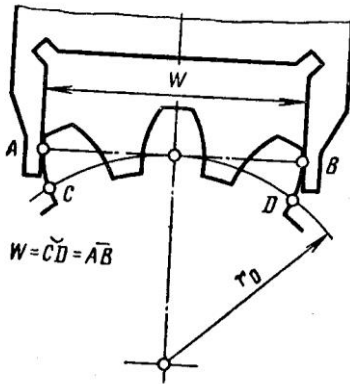


Рисунок 2 - Визначення довжини загальної нормалі.

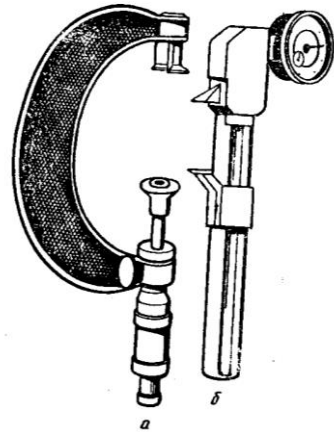


Рисунок 3 - Зубомірний мікрометр а) і індикаторний нормалемер б).

Довжина загальної нормалі W – відстань між різнойменними профілями двох зубів, обмірювана по загальній нормалі до них, що є дотичної до основної окружності (рисунок 2).

Контроль довжини загальної нормалі виробляється спеціальними зубомірними мікрометрами (рисунок 3 а)) й індикаторними нормалемерами (рисунок 3 б)). Для грубих ступенів точності, а також у процесі ремонту при дефектації можуть використовуватися також штангенциркулі з точністю відліку 0,05 мм.

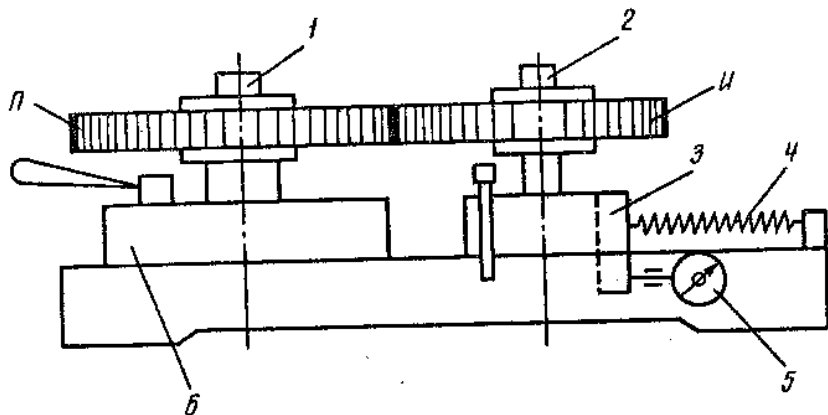
3. **Міжцентромір** [2 С.313, рис. 150].

Коливання вимірювальної міжосьової відстані. Номінальне вимірювальне міжосьова відстань – розрахункова відстань між осями вимірювального і перевіряемого колеса, що має найменше додаткове зміщення вихідного контуру. При цьому спряжені зуби коліс знаходяться в щільному двухпрофільному зачепленні.

Вимірювальна міжосьова відстань при безззорному двухпрофільному зачепленні контролюють використовуючи міжцентромір (рисунок 4).

Принцип його дії заключається в наступному. На оправку 2, що встановлена в рухомій каретці 3, посажено вимірюване колесо И

а на оправку 1, що змонтована на нерухомому супорті 6, колесо, що перевіряється П. Каретка 3, під дією пружини 4 притискає колесо, що вимірює до того, що перевіряється, чим створюється безззорне двухпрофільне зачеплення. Під час провертання колеса, що перевіряється, коливання міжосьової відстані відраховують по показанням індикатора 5 або записують самописцем приладу на паперовій стрічці.



1 – оправка, для перевіряемого колеса; 2 – оправка, для вимірювального колеса; 3 – рухома каретка; 4 – пружина, яка притискає вимірювальне колесо до перевіряемого; 5 – ідикатор; 6 – нерухомий супорт

Рисунок 4 – Міжцентромір

Плавність роботи зубчастої передачі визначається параметрами, погрішності яких багаторазово (циклічно) виявляються за оборот зубчастого колеса, і складає частину кінематичної погрішності.

Основними похибками, що впливають на плавність роботи, є наступні:

1. **похибка кроку зачеплення**, викликана похибкою профілю зуборізних інструментів.

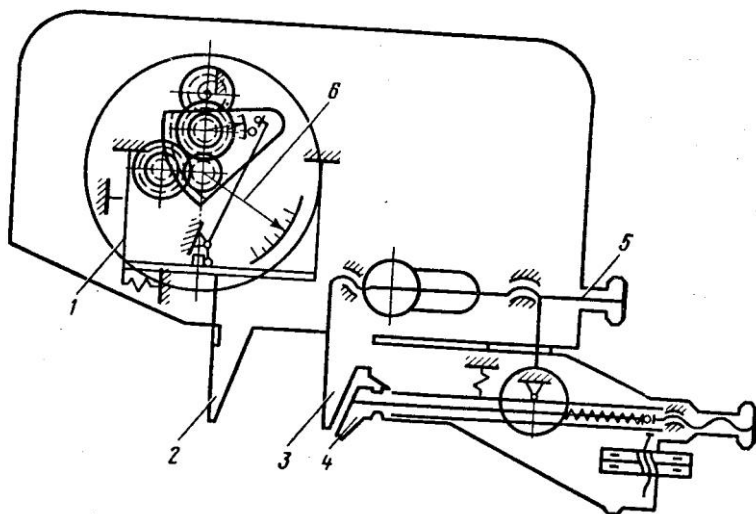
2. **похибка профілю зуба** (биття фрези, биття черв'яка ділительного механізму верстата)

3. **похибка кутового кроку** (похибка делительного механізму).

Контроль

Для контролю застосовують такі прилади:

1. **Крокомір** [2 С.317, рис. 155];



1 – плоска пружина; 2,3 – вимірювальний накінецьник; 4 – опорний накінецьник; 5 – гвинт; 6 – відліковий пристрій.

Рисунок 5 – Крокомір

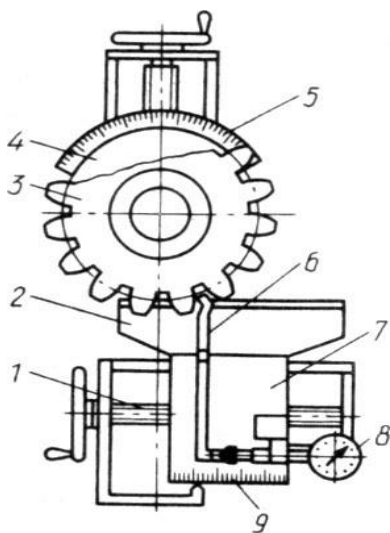
Відхили кроку зачеплення f_{pbr} - різниця між дійсним і номінальним кроками зачеплення. Дійсний крок зачеплення дорівнює відстані між двома паралельними площинами, дотичними до двох однойменним активним боковим поверхням сусідніх зубів зубчастого колеса в перетині, перпендикулярному до напрямленні зубів в площині, дотичній до основного циліндру.

Для визначення відхили дійсного розміру кроку зачеплення від номінального використовують спеціальні крокоміри. На рисунку 5 зображено шагомір з тангенціальними накінецьниками. Вимірювальний накінецьник 2 підвішений на плоских пружинах 1. Переміщення накінецьника фіксується відліковим пристроєм 6 з ціною поділки 0,001 мм. Другий вимірювальний накінецьник 3 встановлюють в потрібному положенні гвинтом 5. Опорний накінецьник 4 підтримує прилад при вимірюванні і забезпечують

розташування лінії вимірювання по нормалі до профілів зубів. Крокомір настроюють за допомогою блоку кінцевих мір розмір котрого дорівнює номінальному значенню основного кроку.

Відхили кроку зачеплення приводять до того, що в зачепленні знаходиться тільки одна пара зубів, пересопряження зубів супроводжується ударами, підвищеним шумом, передача працює не плавно. Якщо відхилів немає або вони незначні, то забезпечується плавне зачеплення, так як до моменту виходу з зачеплення одної пари зубів в контакт вже вийде наступна пара.

2. Евольвентоміри [2 С.317, рис. 157];



- 1 – ходовий гвинт;
- 2 – доведена лінійка;
- 3 – зубчасте колесо;
- 4 – змінний диск;
- 5 – шкала
- 6 – вимірювальний
накінецьник важеля;
- 7 – каретка;
- 8 – індикатор;
- 9 – шкала;

Рисунок 6 – Евольвентомір

Для контролю профіля зуб'їв в торцевому перетину використовують евольвентомір. На рисунку 6 показана схема індивідуально-дискового евольвентоміру. Зубчасте колесо 3, яке перевіряємо встановлюють на одній оправці зі змінним диском 4, діаметр якого рівен діаметру основної окружності колеса. Диск притискається пружиною до доведеної лінійці 2, яка закріплена на каретці 7 приладу. При пересуванні каретки ходовим гвинтом 1 рух (без ковзання) передається диску та разом з ним – перевіряемому колесу. При цьому кожна точка робочої площини лінійка описує

відносно диску евольвенту. Над лінійкою в одній вертикальній площині з її робочій поверхні розташований вимірювальний накінецьник важеля 6, друге плечо якого стикається з накінецьником індикатора 8. За шкалою 5 визначають кут розгортання перевіряемого колеса, а за шкалою 9 – зміщення каретки з вихідного положення, при якому вимірювальний накінецьник касається профіля зуба на радіусі основної окружності.

Перед початком вимірювання накінецьник важеля встановлюють на бокову поверхню зуба у його основанія, а шкалу індикатора – на нуль. Ходовим гвинтом 1 пересувають каретку, при цьому вимірювальний важель ковзає по профілю зуба. Якщо профіль зуба відрізняється від евольвенти заданої основної окружності, то важель отримує кутове зміщення, яке фіксується індикатором.

При використанні евольвентомером такого типу для кожного колеса необхідний спеціальний змінний диск. Випускають і універсальні евольвентоміри, які лишені цього недоліку.

Повнота контакту зубів має велике значення для важко навантажених передач коробки швидкостей. На повноту контакту впливають наступні похибки:

1. **похибка напрямку зуба** (похибка обробки колеса);
2. **перекіс осей** (похибка розточення корпусу);
3. **непаралельність осей** (похибка розточення корпусу).

Додатковий зсув вихідного контуру робиться при виготовленні шестірни з метою забезпечення гарантованого бічного зазору. Його вимірюють за допомогою тангенціального зубомера (рисунок 7). Діаметр ролика визначається по формулі:

$$d_p = 1,2037m \quad (1)$$

де m - модуль

Найменший додатковий зсув вихідного контуру [6, т.2 таблиця 5.17], а допуски на зсув вихідного контуру [6, т.2 таблиця 5.15].

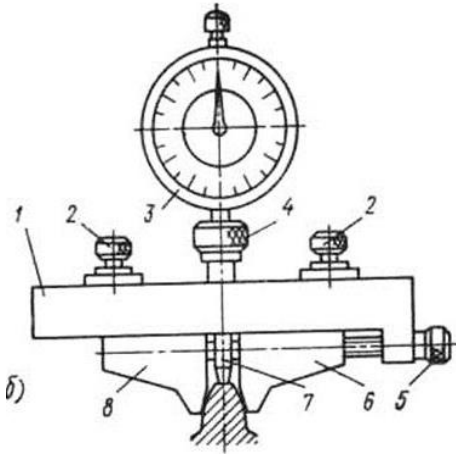
Товщину зуба по постійній хорді вимірюють при виготовленні, але й при ремонті. Її вимірюють штангензубомером (рисунок 8) або індикаторно-мікрометричним зубомером.

Розміри зуба за постгоянною хордою для некоррегованих коліс при 20° [6, т.2 таблиця 5.29]. Розмір цей можна обчислити по формулі

$$S = 1,387m \quad (2)$$

Дійсний розмір порівнюють із граничними й роблять висновок про його придатність.

Значення довжини загальної нормалі W для прямозубих і косозубих коліс [6, т.2 таблиця 5.30].



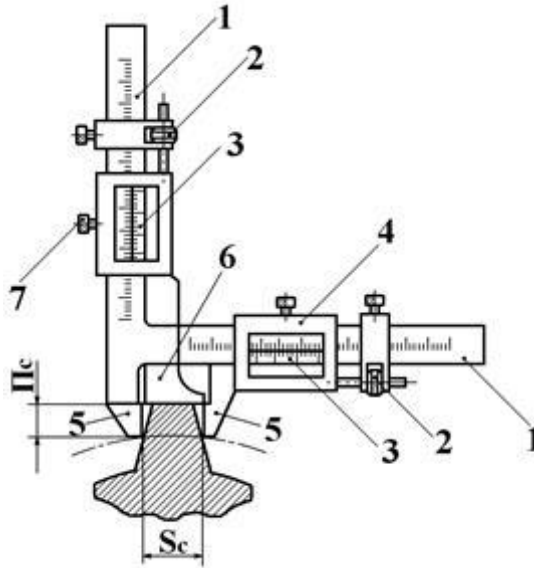
- 1 – основа;
- 2 – стопорні гвинти;
- 3 – індикатор;
- 4 – гвинт налагодження;
- 5 – гвинт регулювання;
- 6, 8 – вимірювальні губки;
- 7 – вимірювальний стрижень

Рисунок 7 – Тангенціальний зубомір

Зсув вихідного контуру контролюють за допомогою тангенціального зубоміра (рисунок 7). Площину двох вимірювальних губок, розташованих під кутом 20 градусів, кінець вимірювального стрижня утворює вихідний контур зубчастої рейки. Відстань між вимірювальними губками 6 і 8 регулюють гвинтом 5, який має з однієї сторони праву, а з іншої ліву різь.

Зуб колеса номінального розміру для налагодження тангенціального зубоміра замінюють роликом, у якого три точки, які стикаються з губками та вимірювальним стрижнем, співпадають з контуром зуба номінального розміру. Для кожного стандартного модуля до тангенціального зубоміра додають ролик певного діаметру. При налагоджуванні вимірювальні губки зубоміра гвинтом 5 ссовують або розсовують так, щоб вони касались ролика приблизно своєю середньою частиною. В такому положенні губки стопорят гвинтом 2. Індикатор 3 вдвигують або піднімають над прибором так,

щоб отримати запас ходу 1 або 2 мм, і в такому положенні стопорят гвинтом 4, а шкалу встановлюють на ноль.



1 – штанга; 2 – мікрометрична подача; 3 – ноніус; 4 – рамка; 5 – вимірювальні губки; 6 – висотна лінійка; 7 – стопорний гвинт

Рисунок 8 - Штангензубомір

Товщину зуба за постійною хордою вимірюють штангензубоміром (рисунок 8). Складається з двох штанг 1, які перпендикулярні відносно друг друга та складають одне ціле, двох рухомих рамок 4 з ноніусом 3 і механізмами мікроподачі 2. Товщину зуба вимірюють за постійною хордою краями вимірювальних губок. Для цього вимірювання висотну лінійку 6 встановлюють по вертикальній штанзі 1 на відстані від кромки вимірювальних губок, рівній $P_c=0,7476m$ (m – модуль). при вимірюванні слід уважно слідкувати, щоб між висотною лінійкою 6 штангензубоміра і вершиною зуба не було просвіту.

Бічний зазор забезпечує змащення передачі, компенсує похибки корпусу, компенсує температурні погрішності. Причому, для тихохідних він менше, а для швидкохідних - більше. Він не залежить від точності обробки колеса й визначається величиною міжосьової відстані й товщиною зубів.

Боковий зазор в зібраній відкритій передачі можна контролювати за допомогою індикатора, встановленого вимірювальним стержнем на бокову активну поверхню зуба. При цьому колесо, що сполучається, повинно бути застопорене.

Погойдуванням колеса від упора до упора обирають боковий зазор, котрий буде дорівнювати найбільшій різниці показань індикатора. В закритих передачах боковий зазор можна виміряти за допомогою свинцевого дротика, що закладається між робочими поверхнями зубів. Вимірюючи товщину свинцевої дротинки після провертання колеса, визначають боковий зазор.

2.2.1 Ступені точності зубчастих коліс і передач.

Види сполучень.

По точності виготовлення всі зубчасті колеса й передачі розділені на 12 ступенів (від 1-й найбільш точної до 12-й найбільш грубої).

Для кожного ступеня точності встановлені окремі норми кінематичної точності, плавність роботи й контакту зубів коліс. Всі ці три види норм можуть комбінуватися й призначатися з різних ступенів точності залежно від призначення передачі. Наприклад, для середніх і високоточних передач (автомобільних, турбінних) ступінь точності по нормах плавності доцільно призначити більше точну, чим по нормах кінематичної точності. Ступінь точності по нормах контакту звичайно вибирається співпадаючої зі ступенем точності по нормах плавності.

Види сполучень і допусків

Незалежно від ступеня точності зубчастих коліс і передач, стандартами встановлені різні види сполучень зубів у передачі. За основу ділення по видах сполучень прийнята величина гарантованого (найменшого) бічного зазору (рисунок 9).

Види допусків на бічний зазор:

T_{jn} : h, d, c, b, a, z, y, z зростання

При відсутності вимог до партії або комплекту передач із кожним видом сполучень уживається певний вид допуску на бічний зазор, позначений малою літерою.

Допуски бокових зазорів T_{jn}

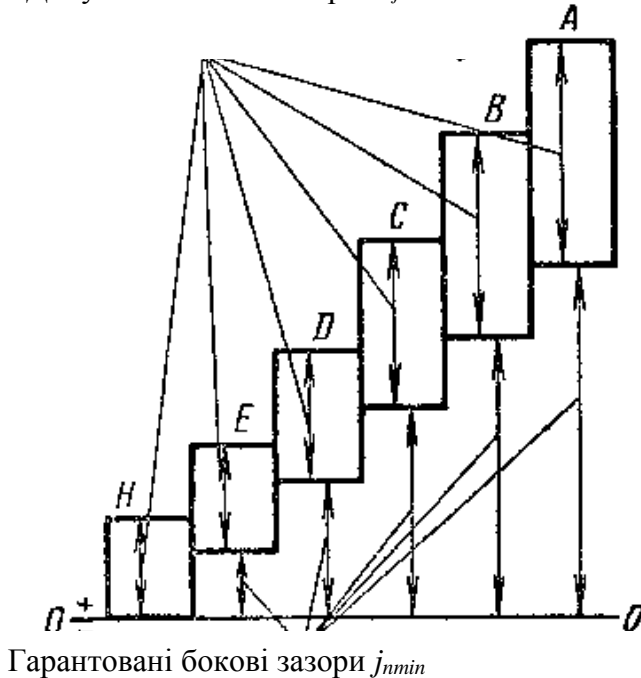


Рисунок 9 - Види спряження зубчастих коліс

2.2.2 Вибір ступеня точності й засобів виміру

Вибір ступені точності залежить від умов роботи передачі й у першу чергу від окружної швидкості коліс, переданої потужності. Так, залежно від окружної швидкості для прямозубої передачі варто призначати ступеня точності, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Ступені точності в залежності отокружної швидкості

Ступінь точності	3	4	5	6	7	8	9
Окружна швидкість, м/с	Понад 50	до 50	до 30	до 15	до 10	до 6	до 2

2.2.3 Оформлення креслень циліндричних зубчастих коліс

Модуль	3
Число зубів	68
Нормальний вихідний контур	ДЕРЖСТАНДАРТ 13755-81
Коефіцієнт зсуву	0
Ступінь точності за ГОСТ 1643-81	7-Ва

Точність виготовлення циліндричних зубчастих коліс і передач задається ступеню точності, а вимоги до бокового зазору – видом спряження по нормам бокового зазору. Виходячи з цього, стандарт встановлює правила умовного позначення точності зубчастих коліс і передач. Якщо по всім трьох нормам встановлена одна ступень точності, а вид спряження і допуск на боковий зазор відповідає один одному, позначення виглядає так:

Ст 7-D ГОСТ 1643-81,

що означає

7-у ступінь кінематичної точності,

7-у ступінь плавності роботи,

7-у ступінь контакту зубів,

D вид спряження і допуск на боковий зазор **d**.

При комбінуванні норм різних ступенів точності і зміні відповідності між видом спряження і видом допуску на боковий зазор точність зубчастих коліс і передач позначається послідовним написанням трьох цифр і двох літер. Між собою і від злито написаних літер цифри розділяються тире, наприклад

Ст 8-7-7Ва ГОСТ 1643-81,

що означає

8-у ступінь кінематичної точності,

7-у ступінь плавності роботи,

7-у ступінь контакту зубів,

B вид спряження,

a допуск на боковий зазор.

Для передач, у котрих гарантований боковий зазор не відповідає ні одному з вказаних видів спряжень, літеру, що позначає вид спряження, не вказують. В такому випадку вказують прийнятий гарантований зазор в мікрометрах (мкм) і вид допуску на боковий зазор, наприклад,

Ст7-600у ГОСТ 1643-81,

що означає

7-у ступінь кінематичної точності, плавність роботи і ступінь контакту зубів,

600 мкм гарантований боковий зазор,

у допуск на боковий зазор.

У випадках, коли на одну з норм точності не задається ступінь точності, замість відповідної цифри вказують літеру N. Наприклад,

Ст N-7-6-Ва ГОСТ 1643-81.

В залежності від ступеня точності, діаметрів зубчастих коліс, коефіцієнту осьового перекриття, методів, що застосовуються і засобів контролю стандарт рекомендує комплекси показників, що характеризують кінематичну точність, плавність роботи, контакт зубів. Числові значення норм точності по всім цим показникам даються в ГОСТ 1643-81.

2.3 Питання для самоконтролю

1. ПОХИБКА КУТА ПОВОРОТУ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ ВПЛИВАЄ НА:

- а) плавність роботи;
- б) кінематичну точність;
- в) пляму контакту.

2. ДЛЯ ЗАДАНОЇ ТОЧНОСТІ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ

Ст.8-7-6Ва ВИД СПРЯЖЕННЯ Є:

- а) Ст.;
- б) В;
- в) а.

3. ЖОРСТКІ ВИМОГИ ЗА РІВНЕМ ШУМУ І ВІБРАЦІЙ ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ:

- а) силових;
- б) відлікових;
- в) швидкісних.

4. ДЛЯ ЗАДАНОЇ ТОЧНОСТІ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ Ст.8-7-6Ва СТУПІНЬ ТОЧНОСТІ ПЛЯМИ КОНТАКТУ Є:

- а) 6;
- б) 7;
- в) 8.

5. ДЛЯ ВИБОРУ СТУПЕНЯ ТОЧНОСТІ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ НЕОБХІДНО ЗНАТИ:

- а) бічний зазор;
- б) колову швидкість;
- в) пляму контакту.

6. ДЛЯ ЗАДАНОЇ ТОЧНОСТІ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ Ст.8-7-6Ва ДОПУСК НА БОКОВОЙ ЗАЗОР Є:

- а) Ст.;
- б) В;
- в) а.

7. БІЧНИЙ ЗАЗОР У ВІДКРИТИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧАХ ВИМІРЮЄТЬСЯ:

- а) штангенциркулем;
- б) мікрометром;
- в) індикатором.

8. ДЛЯ ЗАДАНОЇ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ Ст.8-7-6Ва СТУПІНЬ КІНЕМАТИЧНОЇ ТОЧНОСТІ Є:

- а) 6;
- б) 7;
- в) 8.

9. ІНСТРУМЕНТ ЯКИМ КОНТРОЛЮЮТЬ ЗСУВ ВИХІДНОГО КОНТУРУ:

- а) тангенціального зубоміра;
- б) міжцентромір;
- в) крокомір.

10. ДЛЯ ЗАДАНОЇ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ Ст.8-7-6Ва СТУПІНЬ ПЛАВНОСТІ РОБОТИ Є:

- а) 6;
- б) 7;
- в) 8.
- 9.

