

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра «Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні
машини»**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни

"ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ БКВРМ"

Харків – 2012

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри БКВРМ 11 листопада 2009 р., протокол № 3.

Рекомендуються для студентів спеціальності 7.090214 "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання" всіх форм навчання.

Укладачі:

доценти Є.В.Коновалов,
А.О. Бабенко,
асист. Г.М.Афанасов

Рецензент

доц. Є.В.Романович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни

"Експлуатація та ремонт БКВРМ"

Відповідальний за випуск Коновалов Є.В.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 25.11.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,0. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра "Будівельні, колійні та
вантажно-розвантажувальні машини"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни " Експлуатація та ремонт БКВРМ "

Харків 2012

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри БКВРМ 11 листопада 2009р., протокол № 3.

Рекомендуються для студентів спеціальності 7.090214 "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання" всіх форм навчання.

Укладачі:

доценти Є.В.Коновалов,
А.О. Бабенко,
асист. Г.М.Афанасов

Рецензент
доц. Є.В.Романович

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

КОНТРОЛЬ І РЕГУЛЮВАННЯ ПРАВИЛЬНОСТІ ЗЧЕПЛЕННЯ ЦИЛІНДРОВОЇ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ

Мета роботи

1 Розглянути вплив правильності зчеплення на роботу зубчастої передачі.

2 Вивчити метод перевірки правильності зчеплення.

3 Ознайомитися з устаткуванням та інструментом, який використовується для цього.

4 Набути навички контролю і регулювання правильності зчеплення.

Загальні відомості

Під правильністю зубчастого зчеплення розуміють повне використання активних бічних поверхонь зубців; при правильному зчепленні теоретично всі точки активної бічної поверхні кожного зубця одного зубчастого колеса в процесі зчеплення повинні контактувати зі всіма точками цих поверхонь кожного зубця парного зубчастого колеса.

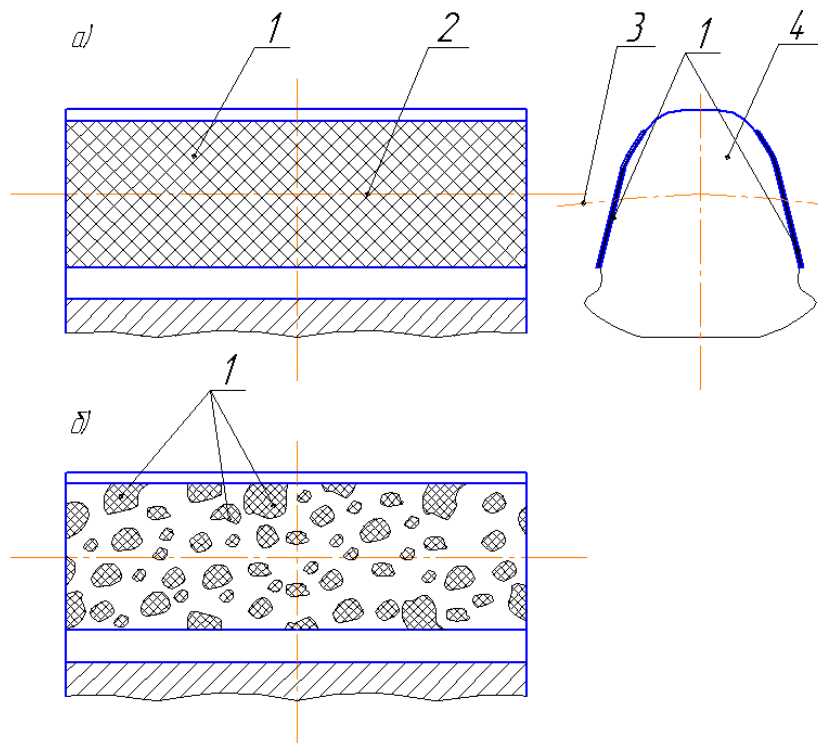
Правильність зчеплення має велике значення для забезпечення нормальної роботи зубчастої передачі. У разі неправильного зчеплення, коли якась частина активних бічних поверхонь зубців не контактує, зменшується корисна площа передачі зусилля в зубчастих передачах, що приводить до збільшення контактного питомого тиску. Наслідком цього є видавлювання мастила і підвищення контактного тиску матеріалу в точках дотику, що прискорює зношування робочих поверхонь зубців.

Правильність зчеплення зубців залежить від їх форми, розмірів та взаємного розташування зубчастих коліс. Ці параметри можуть погіршуватися як у процесі виготовлення та складання, так і під час експлуатації передачі. Тому правильність зчеплення перевіряється і у нових і у вже працюючих зубчастих передачах.

Контроль правильності зубчастого зчеплення виконують методом «проби на фарбу», який полягає в тому, що бічні поверхні кількох зубців шестірні (у трьох-чотирьох місцях по колу) покривають тонким шаром фарби. Після цього шестірню повертають на кілька обертів спочатку в один, потім в інший бік, причому для

отримання більш якісного відбитку шестірню під час обертання слід пригальмовувати. У результаті контакту на зубцях колеса з'являються відбитки фарби, за розташуванням яких і складають уявлення про якість зчеплення.

Теоретично при правильному зчепленні площа зони контактів (зона зчеплення) повинна бути суцільною і займати всю активну бічну поверхню зубців (рисунок 1.1, а). У реальних умовах, оскільки проба на фарбу проводиться без повного навантаження передачі обертаючим моментом і в результаті неточностей виготовлення (для нових передач), відбитки фарби мають вид окремих плям, які рівномірно розташовані за всією площею зони зчеплення (рисунок 1.1, б).



а – в ідеальному випадку; б – в реальних умовах;
1 – плями контакту; 2 – початкова лінія; 3 – початкове коло; 4 –
зубець

Рисунок 1.1 – Плями контакту при правильному зчепленні

Для контролю правильності зчеплення згідно з ГОСТ 1643-72 «Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» разом з іншими величинами передбачено визначення відносних розмірів у відсотках

сумарної плями контакту, під якою розуміється «частина активної бічної поверхні зубця зубчастого колеса, на якому розташовуються сліди прилягання його до зубців парного зубчастого колеса після обертання зібраної передачі при легкому гальмуванні, що забезпечує безперервний контакт зубців обох зубчастих коліс».

Відносні розміри сумарної плями контакту визначаються за такими формулами:

- довжина контакту δ_1

$$\delta_1 = \frac{100 \cdot \left(a - \sum_{i=1}^{i=z} c_i \right) \cdot \cos \beta}{b}, \quad (1.1)$$

- ширина контакту δ_h

$$\delta_h = \frac{100 \cdot h_m}{h_p}, \quad (1.2)$$

де a – відстань між крайніми точками слідів прилягання (рисунок 1.2);

c_i - довжина i -го розриву, що перевершує величину модуля m (розриви, які завдовжки менше ніж m , не враховуються);

z - кількість розривів;

β - кут нахилу зубців косозубого зубчастого колеса;

b - довжина зубця;

h_m - середня висота слідів прилягання по всій довжині зубця;

h_p - висота активної бічної поверхні зубця.

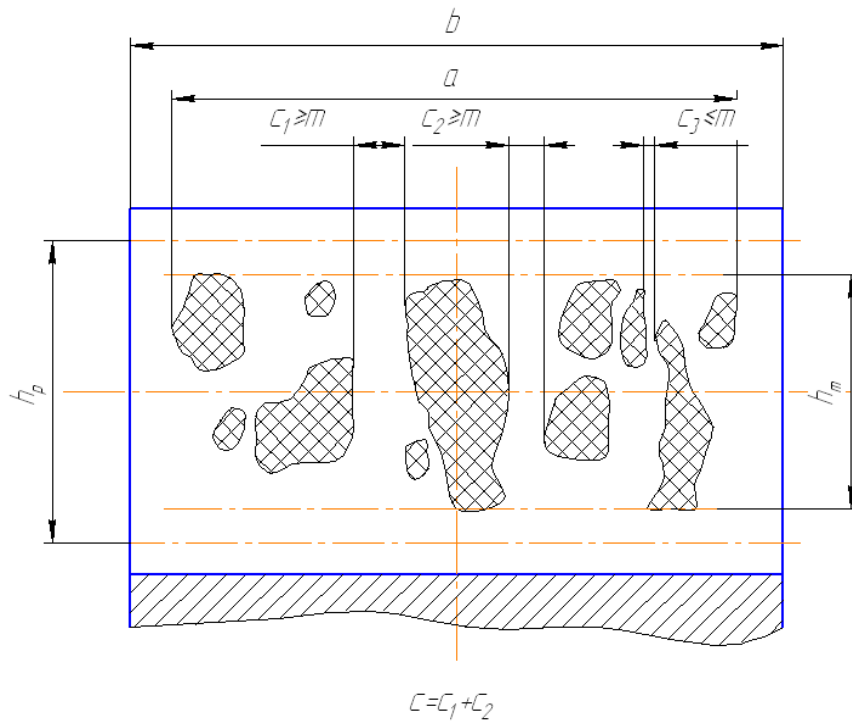


Рисунок 1.2 – Визначення розмірів сумарної плями контакту

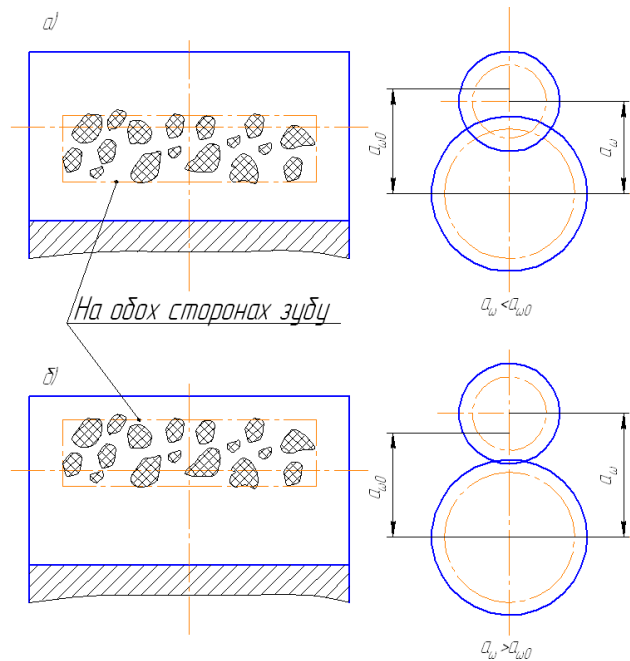
Згідно з ГОСТ 1643-72 передбачені норми контакту зубців частково наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Норми контакту зубців у передачі

Ступінь точності передачі	Сумарна пляма контакту не менше, %	
	по висоті	по довжині
3	65	95
4	60	90
5	55	80
6	50	70
7	45	60
8	30	40
9	20	20

При неправильному зчепленні сліди контакту (плями фарби) розташовуються на активній бічній поверхні несиметрично і за їх зсувом можна судити про порушення взаємного розташування валів передачі.

Зсув сумарної плями контакту до основи зубця на обох його активних бічних поверхнях (рисунок 1.3, а) свідчить про зменшення міжосьової відстані, звідси зменшення бічного зазора; навпаки, розташування сумарної плями контакту ближче до головки зубця (рисунок 1.3, б) викликається збільшенням цієї відстані і бічного зазора.



а – міжосьова відстань зменшено; б – міжосьова відстань збільшено

Рисунок 1.3 – Положення сумарної плями контакту при порушенні міжосьової відстані передачі

Зсув сумарної плями контакту на обох активних бічних поверхнях зубця до якого-небудь одного і того ж його торця (рисунок 1.4) говорить про непаралельність геометричних осей зубчастих коліс за відсутності їх перекосу (перехрещення). При цьому форма плями, як правило, стає клиноподібною.

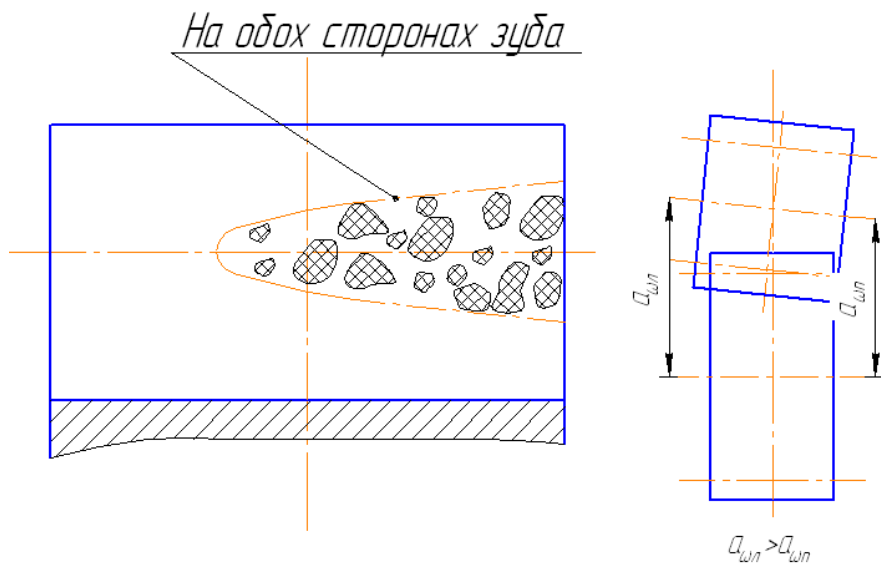


Рисунок 1.4 – Положення сумарних плям контакту при порушенні паралельності осей зубчастих передач

Зсув сумарних плям контакту до різних торців зубця (рисунок 1.5) викликається перекосом (перехрещенням) осей зубчастих коліс, тобто розташуванням їх не в одній площині.

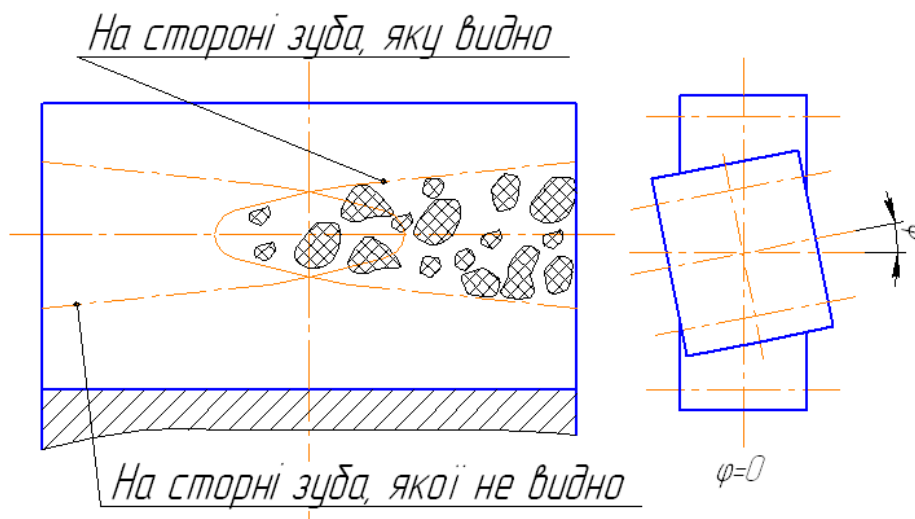


Рисунок 1.5 – Положення сумарних плям контакту при перекосі осей зубчастих коліс

На практиці найчастіше виникає не одне, а відразу декілька порушень взаємного положення зубчатих коліс. Це значно ускладнює діагностування геометрії сумарних плям контакту та розпізнавання виду порушення. Тому в цих випадках починають виправлення з

найпомітнішого порушення; найчастіше з перекосу. Після його виправлення стають ясніше видні решта порушень, найчастіше непаралельність осей. Виправивши їх, приступають до ліквідації останнього порушення - зміни міжосьової відстані.

Виправлення всіх указаних несправностей звичайно досягається зсувом підшипників валів зубчастих коліс, якщо їх положення регулюється. У негативному випадку замінюються дефектні деталі, що викликають неправильності зчеплення. Переміщення корпусів підшипників по їх опорних площинах здійснюється, як правило, за рахунок збільшених отворів під кріпильні болти, а в перпендикулярному напрямі - шляхом зміни загальної товщини набору прокладок.

Лабораторне устаткування

Комплект устаткування лабораторної роботи 1 складається з:

- 1) лабораторного стенда 1;
- 2) рукоятки для обертання шестірні;
- 3) фарби;
- 4) пензлика або тампона для нанесення фарби;
- 5) прокладок під підшипники;
- 6) молотка для переміщення підшипників;
- 7) дерев'яної наставки для попередження пошкодження підшипників молотком;
- 8) гайкового ключа для затягування кріпильних болтів;
- 9) пластини для накладення кальки;
- 10) обтирального матеріалу.

Виконання роботи

- 1 Отримати завдання на лабораторну роботу.
- 2 Підготувати робоче місце.
- 3 Надіти на вал рукоятку.
- 4 Загальмувати вал так, щоб зусилля на рукоятці, яке потрібне для повороту шестірні, було рівним 2...3Н.
- 5 Помітити крейдою торці пари зубців шестірні і колеса, що знаходяться в зчепленні.
- 6 Приступити до перевірки зчеплення пробою на фарбу, для чого необхідно виконати такі операції:

- покрити тонким шаром фарби активні бічні поверхні чотирьох діаметрально розташованих зубців шестірні, повертаючи її кожного разу в один бік на чверть обороту;

- продовжувати обертання шестірні в той же бік до повороту колеса на 360°;

- обертуючи шестірню у зворотний бік, повернути передачу в початкове положення.

7 Оглянути і провести аналіз положення сумарних плям контакту на зубцях колеса і якщо воно не відповідає заданим нормам, намітити заходи для їх виправлення.

8 Начисто видалити ганчіркою фарбу на всіх зубцях передачі.

9 Якщо знайдений перекіс геометричних осей зубчастих коліс передачі, то приступити до його усунення, для чого виконати такі операції:

- відкрутити і вийняти болти кріплення підшипника шестірні з боку, протилежного квадратному кінцю вала;

- обережно, не пошкоджуючи прокладок, зняти підшипник з вала;

- додати або видалити кількість прокладок, необхідних для усунення перекосу;

- так само обережно, стежачи за правильним положенням і збереженням прокладок, надіти підшипник на вал; якщо правильне положення прокладок дещо порушено, то для відновлення збігу отворів у прокладках і підшипнику, по черзі вставити в його отвори стрижень (наприклад олівець) і ним поправити прокладки;

- вставити болти в отвори і затягнути їх за головки рукою.

10 Ще раз перевірити правильність зчеплення пробою на фарбу.

11 Якщо перекіс осей не ліквідований, повторювати регулювання положення підшипників вала шестірні і пробу на фарбу, виконуючи пункти 9 і 10, до його усунення.

12 Виправивши перекіс осей, приступити до усунення їх непаралельності і регулювання міжосьової відстані, виконуючи такі операції:

- ключем повністю ослабити один болт на підшипнику вала шестірні, розташованому з боку квадрата, і затягнути його за головку рукою;

- те ж виконати з іншим болтом цього підшипника;

- легкими ударами молотка через дерев'яну наставку зсунути підшипник в потрібний бік.

13 Повторити перевірку правильності зчеплення пробою на фарбу, як указано в пунктах 6...8.

14 Якщо правильність зчеплення не досягнута, повторювати регулювання і контроль пробою на фарбу, як указано в пунктах 12 і 13 до повного усунення всіх неправильностей зчеплення. Після остаточного регулювання зчеплення фарбу із зубців не стирати.

15 Зняти найхарактерніший відбиток фарби на кальку з одного із зубців колеса, виконавши такі операції:

- підготувати аркуш кальки або іншого прозорого паперу з розмірами, що перевищують довжину і висоту зубця на 10...20 мм;

- обережно, прагнучи не спотворити форму плям контакту, накласти папір на бічну поверхню зубця і, не зсовуючи її, притиснути пальцями до поверхні і обтиснути по краях так, щоб на папері вийшов відбиток як фарби, так і контурів зубця; не знімаючи паперу із зубця нанести олівцем межі його активної бічної поверхні;

- зняти папір із зубця, обережно покласти на площину плямами фарби вниз і із зворотного боку гострим олівцем точніше навести контури плям, зубця і контурів активної бічної поверхні;

- стерти фарбу з паперу і внести копію плями до лабораторного журналу.

16 Начисто видалити ганчіркою фарбу на всіх зубцях передачі.

17 Привести в порядок робоче місце.

18 Показати лабораторний журнал викладачу й отримати в його журналі відмітку про виконання роботи.

19 За даними лабораторного журналу, керуючись методичними вказівками й іншою літературою, скласти за встановленою формою звіт і здати його викладачу перед наступним лабораторним заняттям.

Вказівки до складання звіту

У пункті 1 звіту записується завдання на лабораторну роботу 1.

У пункті 2 наводяться відомості про значення правильності зчеплення для роботи передачі і спосіб його перевірки з необхідними схемами.

У пункті 3 даються ескіз і опис пристрою й роботи стенда 1 та іншого лабораторного устаткування.

У пункті 4 в рамку вклеюється знята на прозорий папір копія сумарної плями контакту, підготовлена для визначення його відносних розмірів згідно з рисунком 1.2.

У пункті 5 згідно із замірами на копії сумарної плями контакту визначаються розміри плями.

У пункті 6, керуючись обчисленими відносними розмірами сумарної плями контакту і таблицею 1.1, визначаються класи точності передачі згідно з нормами контакту.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

КОНТРОЛЬ БИТТЯ ЗУБЧАСТИХ ВІНЦІВ І КОЛІС ЦИЛІНДРОВОЇ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ

Мета роботи

1 З'ясувати вплив биття зубчастих вінців і коліс на роботу передачі.

2 Вивчити існуючі методи визначення биття.

3 Ознайомитися з устаткуванням та інструментом для виконання цієї роботи.

4 Отримати навички виявлення і вимірювання биття зубчастих вінців і коліс.

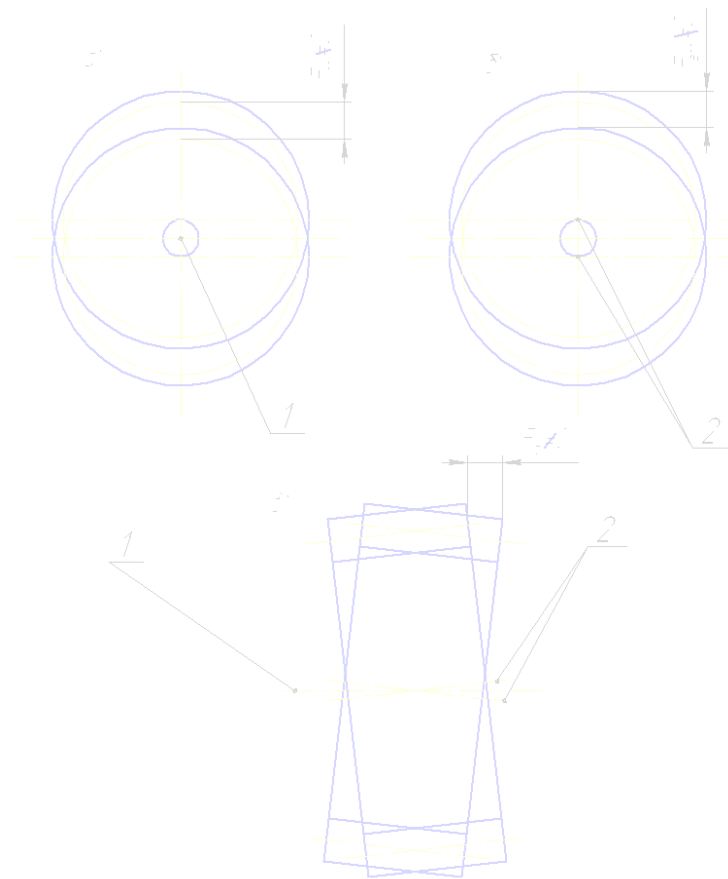
Загальні відомості

Розрізняють радіальні (рисунок 2.1, а, б) і торцеві (рисунок 2.1, в) биття зубчастих вінців і коліс.

Радіальне биття викликається поступальним (паралельним) зсувом геометричних осей поверхні головок або активних бічних поверхонь зубців зубчастого колеса відносно осі їх обертання.

Торцеве биття з'являється в результаті кутового відхилення (перекосу) цих осей.

Биття зубчастих вінців і коліс негативно впливає на роботу передачі. Особливо небезпечне радіальне биття зубчастого вінця, тобто биття активних бічних поверхонь зубців (рисунок 2.1, а), оскільки в цьому випадку має місце фазова зміна величини бічних зазорів зчеплення, що приводять до циклічного порушення правильності зчеплення, внаслідок чого погіршуються умови змащування, знижується ККД, підвищується зношування, з'являються вібрація і шум, виникає можливість заклинювання зубців у впадинах.



а – радіальне биття зубчастого вінця; б – радіальне биття зубчастого колеса; в – торцеве биття зубчастого колеса;
 1 – робоча вісь зубчастого колеса; 2 – геометрична вісь зубчастого колеса

Рисунок 2.1 – Биття зубчастого колеса

Радіальне биття зубчастого колеса, тобто биття неробочих поверхонь головок зубців (рисунок 2.1, б), не становить небезпека до тих пір, поки воно не стане близьким до радіального зазора зчеплення, після чого виникають удари зубців у дно впадин і вібрації, які виводять передачу із робочого стану.

Торцеве биття зубчастого колеса, тобто биття поверхонь торців зубців (рисунок 2.1, в), хоча і менш шкідливе, ніж радіальне биття зубчастого вінця, все ж таки викликає нерівномірність навантаження по довжині зубців, погіршення змащування, зниження ККД передачі і прискорення її зношування.

Згідно з ГОСТ 1643-72 «Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» регламентуються допуски тільки на радіальне биття F_r зубчастого вінця (таблиця 2.1). За нормативними документами допуск (у мікрометрах) на торцеве биття F_r зубчастого колеса, що

вимірюється на діаметрі впадин зубців, рекомендується визначати за формулою

$$F_{\tau} = (0,5 \dots 0,8) \cdot d_f, \quad (2.1)$$

де d_f - діаметр впадин зубців, мм.

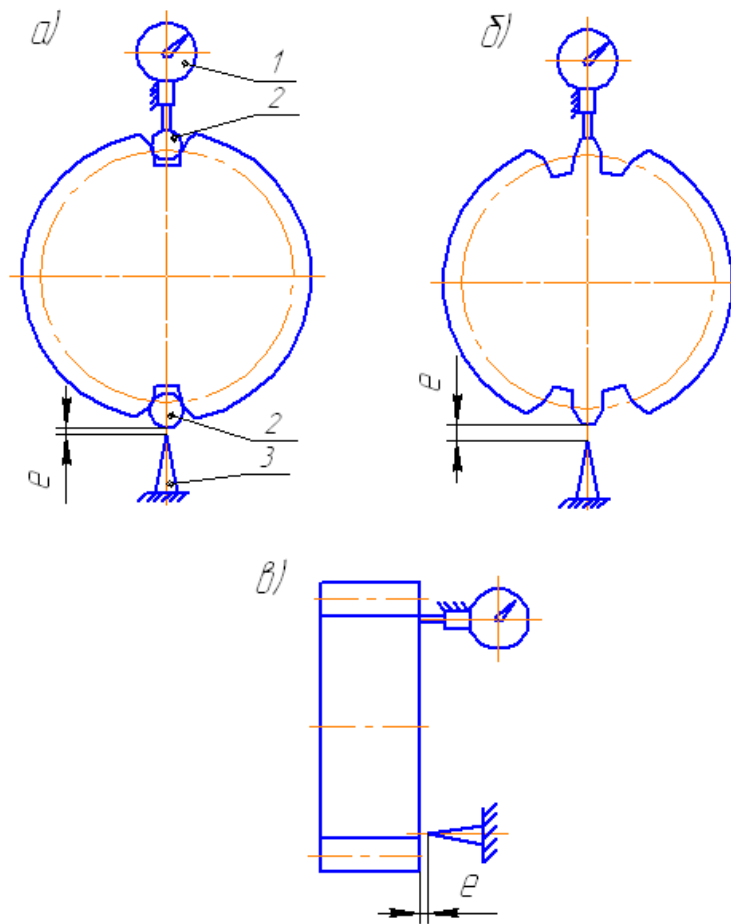
Таблиця 2.1 – Допуски на радіальне биття F_{τ} зубчастих вінців у мікрометрах

Ступінь точності передачі	Модуль m , мм	Діаметр ділильного кола, мм				
		≤ 50	> 50 ≤ 125	> 125 ≤ 280	> 280 ≤ 560	> 560 ≤ 1000
1	2	3	4	5	6	7
1	$\geq 1 \quad \leq 2$	5	7	9	11	12
	$> 2 \quad \leq 3,55$	6	7	9	11	12
	$> 3,55 \quad \leq 6$	6	8	10	12	14
	$> 6 \quad \leq 10$	-	9	10	11	15
2	$\geq 1 \quad \leq 2$	8	10	13	17	19
	$> 2 \quad \leq 3,55$	9	11	14	18	20
	$> 3,55 \quad \leq 6$	10	12	15	19	23
	$> 6 \quad \leq 10$	-	13	16	20	24
3	$\geq 1 \quad \leq 2$	13	17	21	28	30
	$> 2 \quad \leq 3,55$	14	18	22	28	32
	$> 3,55 \quad \leq 6$	15	19	24	30	34
	$> 6 \quad \leq 10$	-	20	26	32	38
	$> 10 \quad \leq 16$	-	24	30	36	42
4	$\geq 1 \quad \leq 2$	30	36	48	60	67
	$> 2 \quad \leq 3,55$	30	40	50	63	70
	$> 3,55 \quad \leq 6$	34	42	53	67	75
	$> 6 \quad \leq 10$	-	48	56	70	85
	$> 10 \quad \leq 16$	-	53	63	80	95
5	$\geq 1 \quad \leq 2$	30	38	48	63	67
	$> 2 \quad \leq 3,55$	32	40	50	63	70
	$> 3,55 \quad \leq 6$	34	42	53	67	75
	$> 6 \quad \leq 10$	-	48	60	70	85
	$> 10 \quad \leq 16$	-	53	67	80	90

Продовження таблиці 2.1

1	2		3	4	5	6	7
6	≥ 1	≤ 2	38	48	60	75	85
	> 2	$\leq 3,55$	40	50	63	80	90
	$> 3,55$	≤ 6	42	53	67	85	100
	> 6	≤ 10	-	60	70	90	110
	> 10	≤ 16	-	67	90	100	120
7	≥ 1	≤ 2	48	60	75	95	110
	> 2	$\leq 3,55$	50	63	80	100	110
	$> 3,55$	≤ 6	53	67	85	105	120
	> 6	≤ 10	-	75	80	110	130
	> 10	≤ 16	-	85	100	120	140
8	≥ 1	≤ 2	60	70	85	120	130
	> 2	$\leq 3,55$	63	75	100	125	140
	$> 3,55$	≤ 6	67	80	105	130	160
	> 6	≤ 10	-	90	110	140	170
	> 10	≤ 16	-	105	125	150	180
9	≥ 1	≤ 2	75	90	120	150	170
	> 2	$\leq 3,55$	80	95	125	150	180
	$> 3,55$	≤ 6	85	105	130	160	200
	> 6	≤ 10	-	110	140	170	210
	> 10	≤ 16	-	130	160	190	220
10	≥ 1	≤ 2	90	110	140	180	210
	> 2	$\leq 3,55$	95	120	150	190	220
	$> 3,55$	≤ 6	105	130	160	200	240
	> 6	≤ 10	-	140	180	220	250
	> 10	≤ 16	-	160	200	240	280

Визначення биття зубчастих вінців і коліс здійснюється за допомогою індикатора або рейсмуса (рисунок 2.2).



а – вимірювання радіального биття зубчастого вінця;
 б – вимірювання радіального биття зубчастого колеса;
 в – вимірювання торцевого биття зубчастого колеса;
 1 – індикатор; 2 – калібр; 3 - вістря рейсмуса
 Рисунок 2.2 – Вимірювання биття зубчастого колеса

При вимірюванні радіального биття зубчастого вінця між зубцями поміщають гладкий циліндровий калібр 2 (рисунок 2.2, а) і на нього встановлюють вимірювальний наконечник нерухомо закріпленого індикатора 1 або наближають до нього вістря рейсмуса так, щоб утворився невеликий зазор e . Показники індикатора записують, а зазор вимірюють щупом і також записують. Повторивши і записавши вимірювання в декількох місцях по колу зубчастого колеса, знаходять екстремальні показники індикатора або величини зазора e . Різниця між ними і буде значенням радіального биття зубчастого вінця.

Аналогічно визначається і радіальне биття зубчастого колеса, але наконечник індикатора опускають на головки зубця (рисунок 2.2, б), а вістря рейсмуса наближають до них.

При визначенні торцевого биття вимірювальний наконечник індикатора контактує з поверхнею торця зубчастого колеса поблизу від впадин зубців (рисунок 2.2, в), а вістря рейсмуса знаходиться від неї на відстані зазора e .

Лабораторне устаткування

Комплект устаткування для виконання лабораторної роботи 2 складається з:

- 1 лабораторного стенда;
- 2 рукоятки для обертання шестірні;
- 3 вимірювального індикатора або голки рейсмуса;
- 4 штатива;
- 5 круглого калібру;
- 6 набору щупів.

Виконання роботи

1 Здавши викладачу звіт з попередньої лабораторної роботи і відповівши на його контрольні питання, отримати індивідуальне завдання і записати його у звіт.

2 Підготувати робоче місце.

3 Розгальмувати колесо передачі (якщо воно загальмоване), відкрутивши гайку гальма до повного звільнення натискної пружини;

4 Надіти на вал рукоятку та обернути її в приблизно горизонтальне положення.

5 Приступити до вимірювання і запису радіального биття зубчастого вінця шестірні, для чого виконати такі операції:

– закріпити на штативі індикатор або голку рейсмуса (залежно від завдання);

– вкласти між зубцями шестірні калібр;

– встановити індикатор або рейсмус у необхідне положення (рисунок 2.2); положення індикатора і рейсмуса відносно зубчастого колеса може бути будь-яким (зверху, знизу, збоку або в проміжному положенні), найбільш зручно їх розташовувати у верхній частині зубчастого колеса (таке положення індикатора показано на рисунку 2.2, а);

– повертаючи шестірню за рукоятку в обидва боки на невеликий кут, помітити і записати найбільші показники індикатора або зміряти щупом і записати в лабораторний журнал величину зазора e між

вістрям рейсмуса і калібром у положенні їх максимального зближення;

– не змінюючи положення індикатора і штатива, повторити вимірювання і записати результати в лабораторний журнал ще для чотирьох положень шестірні, повертаючи її після кожного вимірювання на три кроки.

6 Заміряти і записати в лабораторний журнал радіальне биття шестірні, для чого виконати пункт 5 з установленням індикатора або рейсмуса (рисунок 2.2, б).

7 Заміряти і записати в лабораторний журнал торцеве биття шестірні, виконавши пункт 5 при положенні індикатора або рейсмуса (рисунок 2.2, в).

8 Привести в порядок робоче місце.

9 Показати лабораторний журнал викладачу й отримати в його журналі відмітку про виконання роботи.

10 За даними лабораторного журналу, керуючись методичними вказівками й іншою літературою, скласти за встановленою формою звіт і здати його викладачу перед наступним лабораторним заняттям.

Вказівки до складання звіту

У пункті 1 звіту записується отримане від викладача індивідуальне завдання: вимірювання биття індикатором або рейсмусом.

У пункті 2 викладаються відомості про види биття зубчастих коліс, їх вплив на роботу зубчастої передачі і спосіб їх визначення.

Відомості супроводжуються необхідними схемами.

У пункті 3 даються ескіз і відомості про пристрій і роботу лабораторного стенда.

У пункті 4 записуються показники індикатора або щупа (в залежності від індивідуального завдання) у всіх вказаних точках вимірювання.

У пункті 5 за даними лабораторного журналу викреслюються графіки показників індикатора або щупа і визначаються значення биття $F_{r\max}$, $F_{er\max}$ і $F_{t\max}$.

У пункті 6 за значенням допуску F_r на радіальне биття, рівним $F_{r\max}$, діаметром ділильного кола $d=150$ мм і модулем $m=10$ мм згідно з таблицею 2.1 визначається клас точності шестірні згідно з нормами кінематичної точності.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

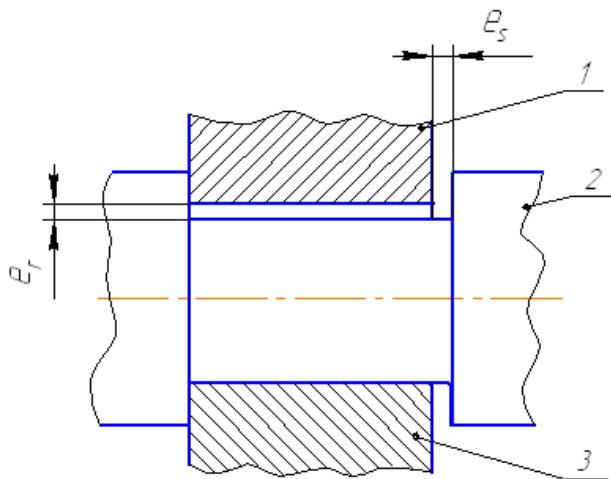
КОНТРОЛЬ І РЕГУЛЮВАННЯ ЗАГОРІВ У РОЗНІМНИХ ПІДШИПНИКАХ КОВЗАННЯ

Мета роботи

- 1 З'ясувати вплив зазорів у підшипниках на роботу машин.
- 2 Вивчити існуючі методи визначення і регулювання зазорів у підшипниках.
- 3 Ознайомитися з устаткуванням та інструментом для виконання цієї роботи.
- 4 Отримати навички вимірювання і регулювання зазорів у підшипниках.

Загальні відомості

У підшипниках ковзання розрізняють радіальні та осьові зазори (рисунок 3.1). Вони передбачаються, по-перше, для того, щоб не відбувалося заклинювання деталей, що взаємно переміщуються, у результаті їх деформації при нагріванні через відмінність коефіцієнтів термічної деформації матеріалів цих деталей, по-друге, для забезпечення нормальних умов змащування поверхонь тертя.



1 – кришка підшипника; 2 – вал або вісь; 3 – корпус підшипника

Рисунок 3.1 – Зазори у підшипнику ковзання

При конструюванні машин зазори в підшипниках ковзання звичайно приймаються за нормами допусків посадок (таблиця 3.1) і перевіряються розрахунком за гідродинамічною теорією змащування.

Таблиця 3.1 – Зазори в підшипниках ковзання за СТ СЕВ 144-75 у мікрометрах

Позна- чення посадки	Номінальні діаметри d або довжини l , мм							
	>18	≤ 30	> 30	≤ 50	> 50	≤ 80	> 270	≤ 350
	l_{\min}	l_{\max}	l_{\min}	l_{\max}	l_{\min}	l_{\max}	l_{\min}	l_{\max}
$\frac{H6}{g5}$	7	29	9	36	10	42	17	72
$\frac{H7}{g6}$	7	41	9	50	10	59	17	101
$\frac{H6}{f6}$	20	46	25	57	30	68	56	120
$\frac{H7}{f7}$	20	62	25	75	30	90	56	160
$\frac{H8}{f9}$	20	105	25	126	30	150	56	267
$\frac{H7}{e8}$	40	94	50	114	60	136	110	243
$\frac{H9}{e9}$	40	144	50	174	60	208	110	370
$\frac{H7}{d8}$	65	119	80	144	100	322	190	323
$\frac{H8}{d9}$	65	150	80	181	100	220	190	401
$\frac{H9}{d9}$	65	169	80	204	100	248	190	450
$\frac{H11}{d11}$	65	325	80	400	100	380	190	830
$\frac{H7}{c8}$	110	164	120	194	140	226	300	463
$\frac{H11}{c11}$	110	370	120	450	140	530	300	970
$\frac{H11}{e11}$	160	420	170	500	190	580	480	1180
$\frac{H12}{e12}$	160	580	170	680	190	800	480	1580
$\frac{H11}{a11}$	300	560	310	640	340	740	920	1690

У підшипниках ковзання будівельних, колійних і навантажувально-розвантажувальних машин радіальні зазори, як правило, знаходяться в межах 0,001...0,003 діаметра вала, а осьові зазори - 0,05...0,1 мм.

Величина зазорів у підшипниках значно впливає на роботу машин.

Зменшення зазорів призводить до можливості їх повного зникнення при тепловій деформації і, як наслідок, до переходу рідинного тертя в граничне або навіть напівсухе з можливим схоплюванням і заїданням, а їх збільшення супроводжується погіршенням умов гідродинамічного змащування, появою ударів і вібрацій, зниженням ККД, збільшенням зношування і порушенням правильності взаємодії зв'язаних деталей (в зубчастих передачах, кулачкових механізмах, електродвигунах і т. д.) або погіршенням експлуатаційних параметрів машин (точність і чистота оброблюваних верстатами поверхонь, однорідності продукту дроблення валковими дробарками і т. д.).

У радіальних підшипниках найбільше значення має радіальний зазор, в упорних - осьовий зазор, а в радіально-упорних - і той і інший.

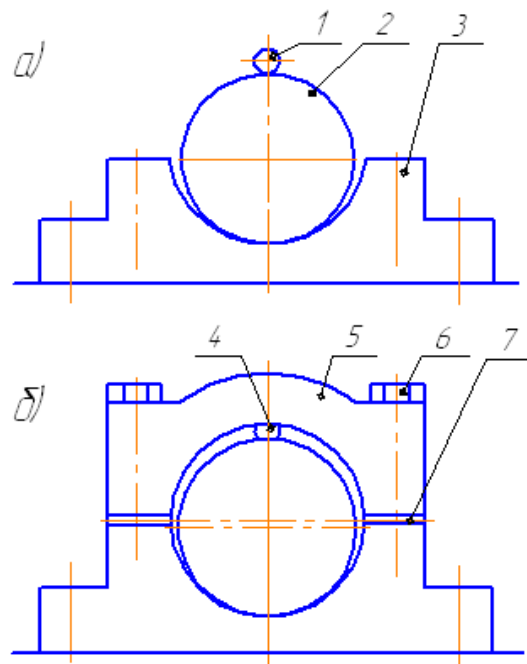
Вимірювання зазорів може проводитися як прямими, так і непрямыми способами.

До прямих способів належить вимірювання зазора щупом, а до непрямих - вимірювання з використанням пластичних матеріалів і по люфту в підшипнику.

Вимірювання зазорів щупом відрізняється простотою, не вимагає багато часу і складних інструментів. Проте його не завжди можна застосувати через недоступність зони вимірювання, часто закритої деталями, розташованими на валу або осі поряд із підшипниками. Крім того, вимірювання щупом має ступінчастий характер. Тому замір зазорів у підшипниках щупом застосовується при доступності зазорів і значній їх величині.

Визначення радіальних зазорів з використанням пластичних матеріалів полягає в тому, що при знятій кришці 5 підшипника 3 (рисунок 3.2) на вал або вісь 2 накладається пруток 1 або пластина з пластичного матеріалу (свинцю або пластмаси), кришка ставиться на попереднє місце і повністю притискається до регулювальних прокладок 7 болтами 6. У результаті матеріал деформується до величини зазора і після повторного зняття кришки вимірюється мікрометром або штангенциркулем. Спосіб достатньо простий і більш точний, ніж замір зазора щупом унаслідок безступінчастого вимірювання, але не застосовується для нерознімних підшипників, що вимагає часткового розбирання підшипника, наявності пластичного матеріалу деякої товщини і вимірювального інструменту. Цей спосіб використовується для рознімних

підшипників при неможливості застосування інших методів визначення зазорів.



а – укладання пластичного матеріалу на вал або вісь; б – деформація матеріалу кришкою;

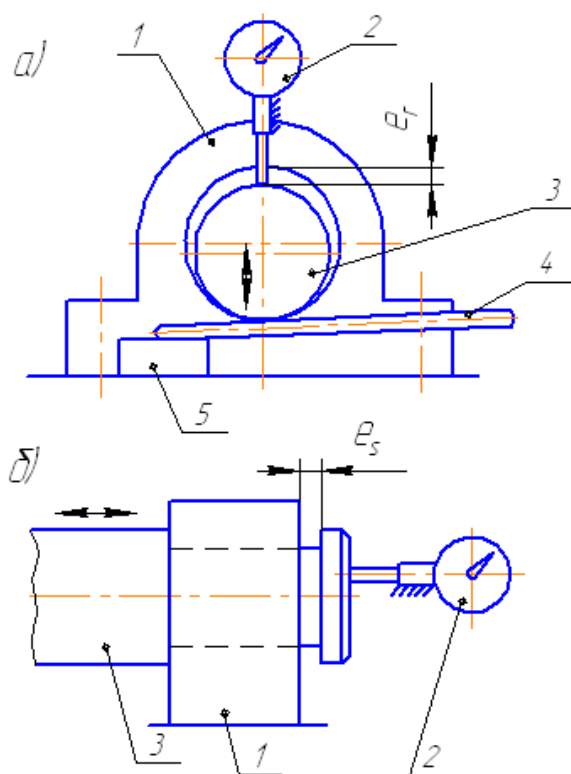
- 1 – пруток; 2 – вал або вісь; 3 – корпус підшипника;
- 4 – деформований матеріал; 5 – кришка; 6 – болт кришки;
- 7 – регулювальна прокладка

Рисунок 3.2 – Вимірювання радіального зазора підшипника ковзання за допомогою пластичного матеріалу

Досить точний і достатньо універсальний спосіб знаходження зазора по люфту в підшипнику, який вимірюється за допомогою індикатора. Якщо вали або осі виступають з корпусу назовні, то зазори можуть визначатися без розбирання складальної одиниці. Це скорочує час вимірювання і запобігає порушенню правильності складання припрацьованих деталей. Недоліком цього способу є деяка складність устаткування, яке використовується.

Визначення зазорів у підшипниках вимірюванням люфту індикатором полягає в тому, що індикатор 2 (рисунок 3.3, а) нерухомо встановлюється на штативі або закріплюється так, щоб його вимірювальний стрижень торкався вала або осі 3 і був спрямований паралельно руху вала при вимірюванні зазора, причому місце встановлення індикатора при визначенні осьового зазора

можливе по довжині вала або осі, а при знаходженні радіального зазора, щоб уникнути появи великих розбіжностей результатів вимірювання через можливі перекося вала або осі під час вимірювання, повинно бути як можна ближче до підшипника 1. Після цього руками або ломиком 4, що спирається на підкладку 5, проводять поворотні рухи вала або осі у напрямі зазора і відмічають екстремальні показники індикатора. Різниця цих показників і є величиною люфту вала або осі, а отже, і величиною зазора в підшипнику.



а – вимірювання радіального зазора; б – вимірювання осьового зазора;

1 – підшипник; 2 – індикатор; 3 – вал або вісь;
4 – ломик; 5 – підкладка

Рисунок 3.3 – Вимірювання зазора в підшипнику ковзання індикатором

Регулювання радіальних зазорів у різних підшипниках ковзання досягається зміною сумарної товщини комплекту регулювальних прокладок 7 (рисунок 3.2) шляхом видалення або додавання прокладок. У нерознімних підшипниках радіальний зазор не регулюється, а при його порушенні відновлюється заміною деталей, які зносилися, новими або відремонтованими.

Осьові зазори можуть регулюватися поздовжнім переміщенням закріплених на валу або осі деталей (шківів, зубчастих коліс або додаткових встановлювальних кілець і т. п.). За відсутності регулювальних пристроїв порушення цих зазорів ліквідовуються також заміною зношених деталей.

Лабораторне устаткування

Комплект устаткування для виконання лабораторної роботи 3 включає:

- 1 лабораторний стенд;
- 2 вимірювальний індикатор;
- 3 штатив індикатора;
- 4 набір щупів;
- 5 мікрометр або штангенциркуль;
- 6 свинцевий дріт або стрічку;
- 7 регулювальні прокладки під кришки підшипників;
- 8 ломик для переміщення валів;
- 9 гайкові ключі для затягування кріпильних болтів;
- 10 молоток для переміщення підшипників;
- 11 дерев'яну наставку для попередження пошкодження підшипників молотком;
- 12 обтиральний матеріал.

Виконання роботи

1 Здавши викладачу звіт з попередньої лабораторної роботи і відповівши на його контрольні питання, отримати індивідуальне завдання і записати його у звіт.

2 Підготувати робоче місце.

3 Закріпити індикатор у штативі.

4 Заміряти радіальний зазор індикатором у вказаному в індивідуальному завданні підшипнику, для чого виконати такі операції:

- встановити штатив з індикатором у необхідне положення (рисунок 3.3);
- прочитати і записати або запам'ятати показники індикатора;
- підвести ломиком у контрольованого підшипника до упора із зусиллям, що не допускає після зупинки стрілки індикатора повільного її відхилення внаслідок пружної деформації деталей;

- утримуючи вал у піднятому положенні, прочитати показники індикатора;

- обчислити величину зазора як різницю показників індикатора і відносну розбіжність заміряного і заданого зазорів.

5 Записати величину зазора та обчислену відносну розбіжність заміряного і заданого зазора в лабораторний журнал.

6 Якщо заміряний радіальний зазор відрізняється від заданого більш ніж на 5 %, відрегулювати його, виконавши такі операції:

- прибрати індикатор від вала;

- ключем відкрити болти кріплення кришки підшипника;

- зняти кришку;

- додати або видалити необхідну кількість регулювальних прокладок (товщина прокладок указана на них у десятих частках міліметра; прокладки без вибитих цифр мають товщину 0,05 мм);

- установити кришку на місце, стежачи за збігом отворів кришки і прокладок; якщо після установлення кришки ці отвори частково не збіглися, то по черзі стрижнем (наприклад олівцем), вставленим в отвір, поправити положення прокладок;

- щільно затягнути болти кришки ключем.

7 Повторити вимірювання радіального зазора, виконавши пункт 4. Якщо результати незадовільні, повторювати регулювання і вимірювання до збігу відрегульованого і заданого зазора з допуском $\pm 5\%$. Величину відрегульованого радіального зазора і відносної розбіжності його із заданим записати в лабораторний журнал.

8 Заміряти осьовий зазор індикатором у підшипнику 4, виконавши такі операції:

- встановити штатив з індикатором в необхідне положення (рисунок 3.3);

- зсунути рукою вал у поздовжньому напрямі в один бік до упора;

- утримуючи вал у цьому положенні, прочитати і записати або запам'ятати показники індикатора;

- перемістити рукою вал у зворотний бік до упора;

- прочитати показники індикатора;

- обчислити величину зазора і відносну розбіжність заміряного і заданого зазорів.

9 Записати величину зазора і відносну розбіжність зазорів у лабораторний журнал.

10 Якщо заміряний осьовий зазор відрізняється від заданого, відрегулювати його, для чого виконати такі операції:

- прибрати індикатор від вала;
- ослабити стопорні болти одного з кілець;
- легкими ударами молотка через дерев'яну наставку в зоні установаження стопорних болтів зсунути ослаблене кільце в потрібний бік на необхідну величину.

11 Повторити вимірювання осьового зазора, виконавши пункт 8. Якщо результати незадовільні, повторити регулювання і вимірювання до збігу відрегульованого і заданого зазорів з допуском $\pm 5\%$. Остаточо затягнути стопорні болти кільця і величину відрегульованого осьового зазора і відносної розбіжності його із заданим занести в лабораторний журнал.

12 Заміряти радіальний зазор у вказаному в індивідуальному завданні підшипнику за допомогою свинцевої смужки, виконавши такі операції:

- прибрати індикатор від вала;
- ключем відкрутити болти кріплення кришки підшипника;
- зняти кришку;
- покласти зверху на вал уздовж нього приблизно посередині ширини кришки відрізок свинцевої смужки товщиною, що перевищує величину зазора на 0,2 - 0,5 мм;
- обережно, не пошкоджуючи прокладок і не зсовуючи укладений матеріал, встановити кришку на місце;
- щільно затягнути болти кришки ключем;
- повторно відкрутити болти;
- зняти кришку;
- заміряти мікрометром або штангенциркулем товщину деформованого матеріалу;
- показники вимірювального інструменту внести в лабораторний журнал.

13 Заміряти осьовий зазор щупом у підшипниках меншого вала, записати показники в лабораторний журнал.

14 Привести в порядок робоче місце.

15 Показати лабораторний журнал викладачу та отримати в його журналі відмітку про виконання роботи.

16 За даними лабораторного журналу, керуючись методичними вказівками й іншою літературою, скласти за встановленою формою звіт і здати його викладачу перед наступним лабораторним заняттям.

Вказівки до складання звіту

У пункті 1 звіту записуються отримані від викладача номери підшипників і величини заданих зазорів.

У пункті 2 подаються відомості про види зазорів у підшипниках, вплив їх на роботу машин, способи їх визначення і регулювання. Відомості супроводжуються необхідними ескізами.

У пункті 3 даються ескіз і відомості про пристрій і роботу лабораторного стенда та інше устаткування, яке було використано при виконанні лабораторної роботи.

У пункті 4 записуються результати вимірювання первинних і відрегульованих зазорів у вказаних підшипниках та обчислені величини розбіжностей заміряних і заданих зазорів.

У пункті 5 за значеннями $e_{ГО}$, e_{SO} , $e_{ГІМ}$, і $e_{СИ}$ зазорів у підшипниках, діаметрами d (рівними для великого вала $d_6 = 60$ мм і для малого вала $d_M = 30$ мм) або довжиною великого підшипника $\ell_{6П} = 60$ мм або відстанню між галтелями малого вала $\ell_{МВ} = 300$ мм, керуючись таблицею 3.1, визначається позначення відповідної радіальної (поперечної) і осьової (поздовжньої) посадки валів у підшипниках. Якщо наявному зазору в таблиці 3.1 відповідає не одна, а декілька посадок, то необхідно указувати їх усі. Якщо ж не підходить жодна посадка, потрібно навести позначення найближчої посадки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ Й ВЕЛИЧИНИ ЗНОШУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС, ШЛІЦЬОВИХ КОЛІС І СТУПИЦЬ ЗІ ВСТАНОВЛЕННЯМ СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ

Мета роботи

Ознайомитися з конструктивними елементами, призначенням і умовами роботи зубчастих коліс і шліцьових валів; встановити наявні дефекти; вивчити способи відновлення цих деталей.

Загальні відомості

Конструктивно-технологічна характеристика деталей

Основні конструктивні елементи зубчастих коліс — зубці та їхні маточини, шліцьових валів — шліци, шийки під підшипники, втулки синхронізаторів і нарізі.

Точність розмірів шийок валів за 6-м – 7-м квалітетами, шліців і зубців за 9-м – 10-м квалітетами.

Дефекти зубчастих коліс

Зубчасті колеса відкритих передач будівельних машин зазнають великих навантажень, незахищені від дії атмосферної вологи й пилу. Це є причиною швидкого зношування зубчастих коліс і виникнення таких дефектів, як зміна профілю зубця і його довжини внаслідок зношування; поломка одного або декількох зубців, обумовлена перевантаженням передачі або неправильним її перемиканням; зношування отвору маточини; тріщини обода й спиць.

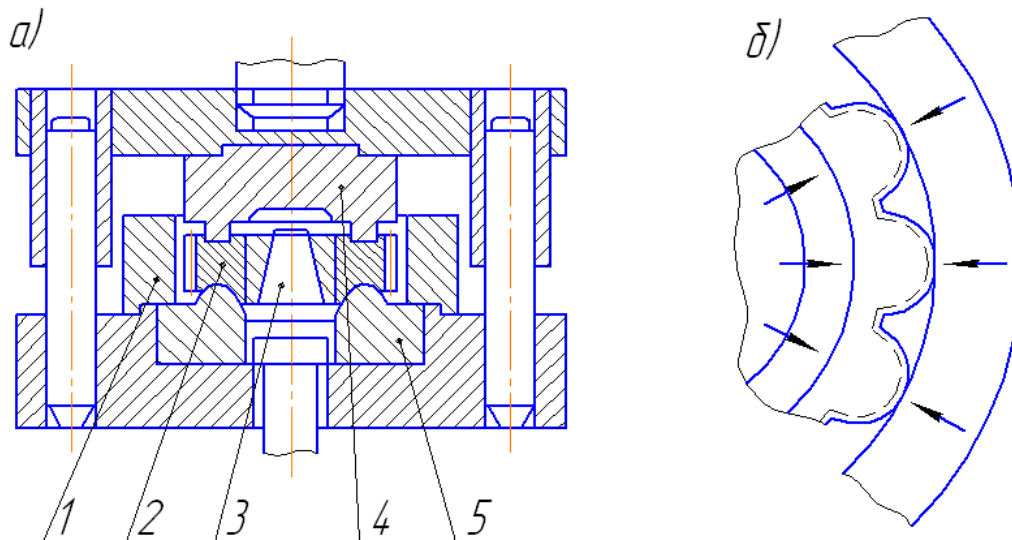
Зубчасті колеса відносяться до категорії дорогих деталей. Відновлення зубчастих коліс можливе наплавленням зношених зубців, напресуванням зубчастих вінців, вдавленням, заміною зламаних зубців новими й іншими способами. Спосіб відновлення зубчастих коліс обирають у залежності від характеру дефекту, матеріалу, класу точності зубчастих коліс і виробничих можливостей ремонтного підприємства.

Зубчасті колеса будівельних машин низького класу точності, що працюють у відкритих передачах, найчастіше відновлюють наплавленням (киснево-ацетиленовим полум'ям або електродуговим способом) з наступною обробкою на верстатах.

Відновлювати зубчасті колеса, заміняючи зубчасті вінці, найчастіше доводиться при ремонті блоків шестірень. Заготовку вінця на обточений обід колеса насаджують у холодному або нагрітому стані, проварюють її по всій торцевій поверхні, обробляють

до необхідних розмірів, після чого нарізають зубці та гартують струмами високої частоти.

Вдавленням ремонтують зубчасті колеса із суцільним ободом, нагріті до 800–900°C у спеціальних штампах (рисунок 4.1), що обмежує застосування цього способу.



а – штамп для встановлення зубців шестірень; б – схема деформації зубців шестірень;

1 – матриця; 2 – шестірня; 3 – палець, що запобігає роздаванню шестірні всередину отвору; 4, 5 – верхня та нижня половини штампа

Рисунок 4.1 – Пристрій для відновлення зубців шестірень

Заміна зламаних зубців новими припустима тільки в неточних і тихохідних передачах. Спосіб ремонту залежить від міцності обода зубчастого колеса і його матеріалу. Такі колеса відновлюють установленням у паз типу «хвіст ластівки» припрацювання з одним (рисунок 4.2, а) або декількома зубцями (рисунок 4.2, б). Виготовлення припрацювання із зубцями складає певні труднощі, а його установлення викликає зниження міцності обода колеса, тому ремонт зубчастих коліс таким способом застосовують як тимчасовий захід до одержання запасного колеса.

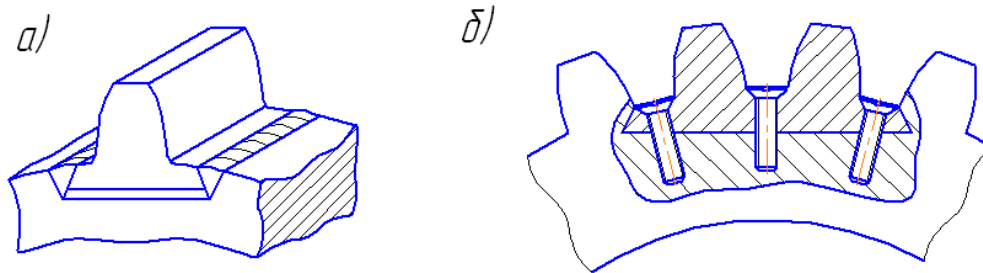


Рисунок 4.2 – Ремонт зубчастого колеса за допомогою припрацювання

Тріщини обода, маточин колеса усувають зварюванням або за допомогою припрацювань.

Дефекти отвору маточини: тріщини в маточинах, зношування гнізд підшипників кочення, зношування гладких отворів під болти, зношування шпонкових пазів.

Тріщини зварюють електродуговим зварюванням без підігріву. Зношування гнізд підшипників кочення усувають шляхом наплавлення металу під флюсом або відновлюють способом запресовування сталевих втулок з подальшою механічною обробкою отворів під номінальний розмір.

Несправності шліцьових валів

Основні дефекти шліцьових валів: погнутість вала, зношування й змінання поверхні під маточиною деталі, зношування шліців по ширині.

Зношені шліци вала відновлюють такими способами: роздаванням шліців, наплавленням зношених поверхонь виступів. При незначних зношуваннях поверхонь шліци відновлюють електроіскровим нарощуванням. Незалежно від способу ремонту кінцевий розмір шліців одержують механічною обробкою під номінальний або збільшений розмір, що дозволяє компенсувати зношування шліців у сполучуваному отворі.

Лабораторне устаткування

Комплект устаткування для виконання лабораторної роботи 4 включає:

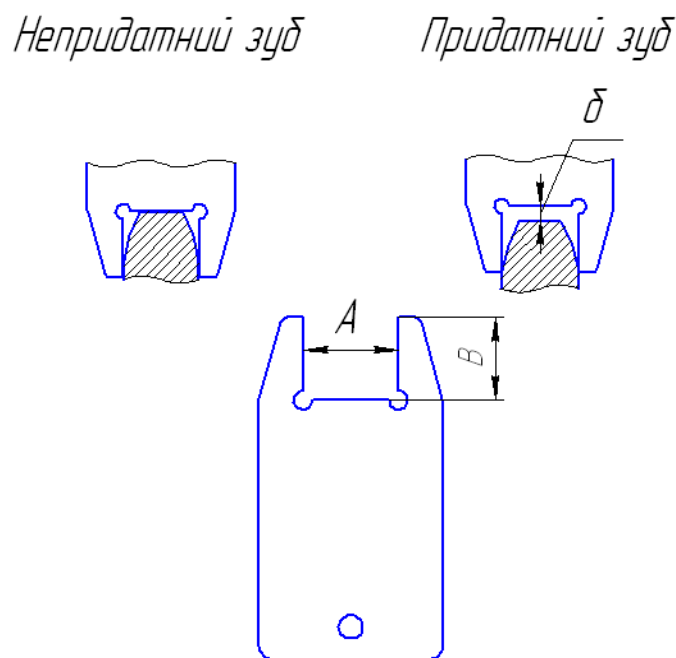
- 1 лабораторний стіл;
- 2 лупу чотириразового збільшення;
- 3 штангензубомір ШЗ-18;

- 4 тангенційний зубомір;
- 5 мікрометри важільні МР-50, МР-25;
- 6 шабер тригранний з ручкою.

Виконання роботи

Зовнішнім оглядом перевіряють стан робочих поверхонь зубців, наявність тріщин, зламів і викришування зубців або шліців. Отримані результати та помічені дефекти заносять у звіт.

Спрощені вимірювання товщини зубців проводять за допомогою шаблона (рисунок 4.3), ступінь придатності шестірні встановлюють за величиною контрольного зазора між шаблоном і головкою зубця.



δ – контрольний зазор

Рисунок 4.3 – Перевірка товщини зубця шестірні шаблоном

Розміри А і В шаблона підібрані з розрахунку мінімальної припустимої товщини зубця шестірні.

Абсолютну величину товщини зубця і його зношування визначають штангензубоміром і тангенційним зубоміром.

При вимірюванні товщини зубця штангензубоміром (рисунок 4.4) вертикальну планку рамки висотної лінійки 10 встановлюють по шкалі й ноніусу на розмір висоти головки зубця h_x , а рухому лапку горизонтальної лінійки 9 підводять до поверхні зубця

й визначають по шкалі та ноніусу на горизонтальній лінійці товщину зубця b_x . Товщину зубця вимірюють по постійній хорді S_x .

При цьому необхідно стежити, щоб планка рамки торкалася вершини вимірюваного зубця, а сам штангензубомір лежав у площині, перпендикулярній осі зубця.

Вимірюють три зубці кожної шестірні, розташованих по колу шестірні через 120° . Кожний зубець вимірюють у двох поясах, розташованих від торців зубця на відстані $1/4$ його довжини. Номінальну товщину зубця b_x по постійній хорді й висоту зубця h_x визначають за формулами:

для некорегованих шестірень:

$$S_x = 1,378 \cdot m, \quad (4.1)$$

$$h_x = 0,748 \frac{m}{f_0}, \quad (4.2)$$

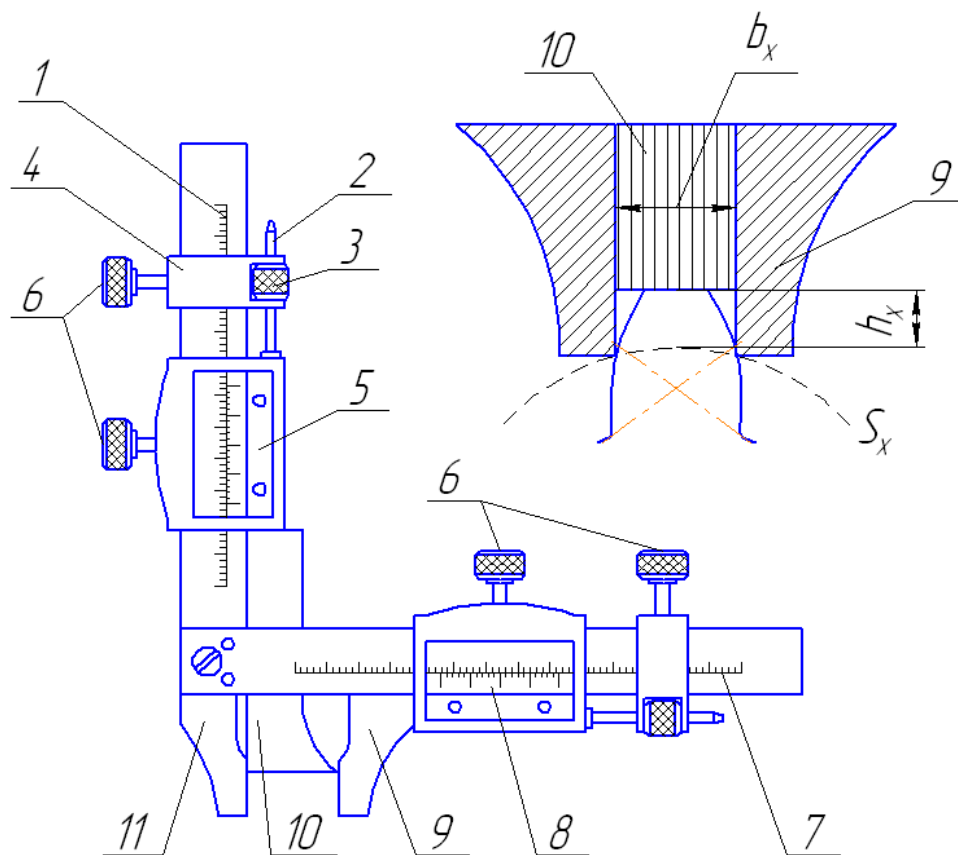
де m — модуль зубця;

f_0 — коефіцієнт висоти зубця (для нормальних $f_0 = 1$, для вкорочених $f_0 = 0,8$).

Для корегованих шестірень розрахунок залишається таким же, але висота головки зубця визначається з урахуванням його вкорочення

$$h_x = f_0 \cdot m \cdot H, \quad (4.3)$$

де H — коефіцієнт, що залежить від числа зубців шестірні (таблиця 4.1).



1 – штанга; 2 – гвинт для подачі рамки; 3 – гайка; 4 – движок; 5 – рамка висотної лінійки; 6 – затискачі рамки та движка; 7 – штанга рухомої губки; 8 – рамка з рухомою вимірювальною губкою; 9 – рухома вимірювальна губка; 10 – планка рамки висотної лінійки; 11 – нерухома вимірювальна губка

Рисунок 4.4 – Штангензубомір

Таблиця 4.1 – Значення Н у залежності від числа зубців шестірні

z	H	z	H	Z	H
10	1,0615	18	1,0342	26	1,0237
11	1,0559	19	1,032	27	1,0228
12	1,0514	20	1,03	28	1,0221
13	1,0474	21	1,029	29	1,0212
14	1,044	22	1,026	30	1,0206
15	1,041	23	1,026	31	1,0199
16	1,038	24	1,0256	32	0,0192
17	1,036	25	1,0245	33	0,0187
				34	0,0182

Зношування зубців розраховують за формулою

$$\sigma_x = S_x - S'_x, \quad (4.4)$$

де σ_x — зношування зубця по хорді ділительного кола, мм;

S_x — товщина зубця по хорді ділительного кола для нового зубця, мм;

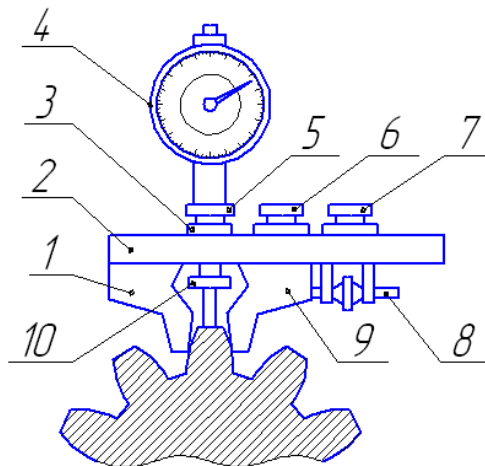
S'_x — товщина зубця, отримана при вимірюванні штангензубоміром, мм.

Величина S_x наводиться на кресленнях шестірень. Якщо ж таких даних немає, то вона визначається за формулою

$$S_x = m \cdot z \cdot \sin \frac{90^\circ}{z}, \quad (4.5)$$

де z — число зубців.

Для вимірювання товщини зубця тангенційним зубоміром (рисунок 4.5) його настраюють по калібру (рисунок 4.6), що відповідає модулю й куту зчеплення вимірюваної шестірни. Для цього зубомір встановлюють на калібр (рисунок 4.7) таким чином, щоб вимірювальні щоки торкалися поверхні калібру, а вимірювальний штифт індикатора знаходився приблизно в середині між ними. У цьому положенні рохому ніжку й індикатор закріплюють гвинтами й гайками, а шкалу індикатора встановлюють на нуль. Потім настроєний зубомір встановлюють на вимірюваний зубець, злегка погойдують відносно поздовжньої осі зубця й найбільші показання індикатора записують.



1 – нерухома ніжка; 2 – основна лінійка; 3 – встановлювальна втулка індикатора; 4 – індикатор; 5, 10 – стопорні гайки встановлювальної втулки;

6,7 – стопорні гвинти рухомої ніжки; 8 – мікрометричний гвинт;
9 – рухома ніжка

Рисунок 4.5 – Тангенційний зубомір

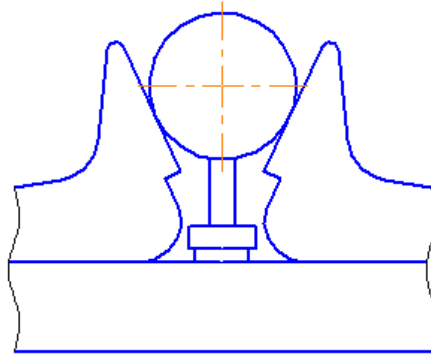


Рисунок 4.6 – Настроювання тангенційного зубоміра по калібру

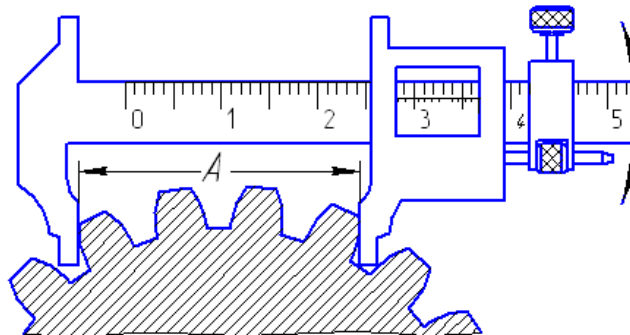


Рисунок 4.7 – Вимірювання товщини зубця штангенциркулем

Вимірюють три зубці, що лежать приблизно на рівних відстанях між собою.

При вимірюванні тангенційним зубоміром товщина зубця визначається по так званій постійній хорді, що встановлюється тільки модулем шестірні. Початкове встановлення індикатора робиться для незношеного зубця, тому при зношуванні зубця ніжки зубоміра опускаються нижче, а вимірювальний штифт змусить стрілку індикатора відхилитися від початкової настройки. За величиною цих відхилень визначається зношування зубця по постійній хорді:

$$\sigma_{\text{ХП}} = \alpha \cdot \delta \cdot \text{tg} \alpha, \quad (4.6)$$

де $\sigma_{\text{ХП}}$ — зношування зубця по постійній хорді, мм;
 δ — показання індикатора при встановленні його на зношений зубець, мм;
 α — кут зчеплення, радіан.

Для шестірень, що мають висотну корекцію, зношування зубця

$$\sigma_{\text{ХП}} = \alpha \cdot [\delta - m \cdot (1 - K)] \cdot \text{tg} \alpha \quad (4.7)$$

де K — коефіцієнт висотної корекції.

При вимірюванні товщини зубця штангенциркулем шестірню встановлюють у лещата або спеціальну підставку в положення, зручне для вимірювання даного зубця, і вимірюють штангенциркулем величину A (рисунок 4.7).

Число зубців, що мають вміститися між ніжками штангенциркуля, визначають за таблицею 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок числа зубців

Кут зчеплення	Число зубців вимірюваної шестірні					С
14,5°	12–25	26–37	38–50	51–62	63–75	25,5
20°	12–21	22–32	33–42	43–53	54–64	9
22,5°	12–16	17–24	25–32	33–40	42–48	8
Число зубців, охоплених штангенциркулем	2	3	4	5	6	

У необхідних випадках число зубців, охоплених штангенциркулем, може бути обчислене за формулою

$$n = \frac{z}{C}, \quad (4.8)$$

де n — число зубців, охоплених штангенциркулем;
 z — число зубців шестірні. Величина C береться в залежності від кута зчеплення з таблиці 4.2.

При вимірюванні потрібно охоплювати профілі зубців ніжками штангенциркуля приблизно на 1/3 їхньої довжини (у зоні ділильного кола).

Штангенциркуль має залишатися паралельним торцевій площині шестірні, вимірювання треба провести не менш ніж для двох груп зубців, розташованих на протилежних боках шестірень.

Товщина зубця по початковому (ділильному) колу

$$S = \frac{A}{\cos \alpha} - m \cdot [\pi \cdot (n - 1) + z \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \alpha)], \quad (4.9)$$

- де
- A — міжцентрова відстань, мм;
 - S — товщина зубця, мм;
 - α — кут зчеплення, радіан;
 - n — число зубців, охоплюваних штангенциркулем;
 - z — число зубців обмірюваної шестірні;
 - m — модуль обмірюваної шестірні.

Зовнішній і внутрішній діаметри шліців вимірюють мікрометром, причому зовнішній діаметр вимірюють по вершинах шліців, внутрішній — по пазах. Вимірювання роблять по двох парах шліців, розташованих у взаємно перпендикулярних площинах і у двох поясах робочої зони шліцьового з'єднання.

Товщину шліца перевіряють штангензубоміром, скобою або шаблоном.

Вказівки до складання звіту

Звіт повинен містити такі відомості:

1) основні дані зубчастих коліс:

- число зубців;
- модуль _____ мм;
- кут зчеплення _____;
- коефіцієнт висотної корекції _____;
- висота головки зубця до хорди:
 - початкового кола _____ мм;
 - номінальна довжина зубця _____ мм;
- номінальна товщина зубця:
 - по хорді початкового кола _____ мм;
 - по дузі початкового кола _____ мм;

- діаметр початкового кола _____ мм;
- 2) основні розміри вала зі шліцами:
 - номінальний діаметр шийки _____ мм;
 - число шліців _____;
 - номінальна ширина шліца _____ мм;
 - номінальні діаметри шліців:
 - зовнішній _____ мм;
 - внутрішній _____ мм;
- 3) устаткування, прилади, інструменти та їхня коротка характеристика;
- 4) дефекти, встановлені зовнішнім оглядом зубчастих коліс і вала зі шліцами;
- 5) дані вимірювань і розрахунків по зубчастих колесах наведено в таблиці 4.3;

Таблиця 4.3 – Результати

Вимірювані та обчислювані величини	Шестірня 1			Шестірня 2		
	Номер зубця					
	1	2	3	1	2	3
Вимірювання штангензубоміром						
Товщина зубця S_x по хорді початкового кола, мм						
Спрацювання δ_x зубця по товщині, мм						
Вимірювання індикаторним зубоміром						
Зношування δ зубця по товщині, мм						

Продовження таблиці 4.3

Вимірювання штангенциркулем						
Число n зубців, охоплених штангенциркулем						
Відстань A між вимірювальними площинами, мм						
Товщина зубця S , обмірювана						

по дузі початкового кола, мм						
Спрацювання δ зубця по товщині, мм						

- найменша товщина зубця по хорді початкового кола _____ мм;

- найменша довжина зубця _____ мм;

- максимальне спрацювання зубця по товщині _____ мм;

б) дані вимірювань вала по шліцах:

- найменші діаметри шийок _____ мм;

- найменше спрацювання діаметрів шийок _____ мм;

- найменші діаметри шліців:

- зовнішній _____ мм;

- внутрішній _____ мм;

- найбільше спрацювання по діаметрах шліців:

- зовнішньому _____ мм;

- внутрішньому _____ мм;

- найменша ширина шліца _____ мм;

- найбільше спрацювання шліца по ширині _____ мм;

7) висновок студента про ступінь зношування зубчастих коліс і шліцьового вала:

1. за результатами зовнішнього огляду;

2. за результатами вимірювання.

