

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ
ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ СЕРВІСНИХ РОБІТ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-3-20
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Ян Дмитро Олександрович

Керівник: _____ Толстенко Олександр Васильович

Рецензент: _____

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

НРМ

(назва кафедри)

д.т.н. професор

(вчене звання)

Дирда В.І.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Яна Дмитра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Шляхи підвищення довговічності підшипників кочення під час проведення сервісних робіт

керівник роботи к.т.н. доцент Толстенко О.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ року

№ _____

2. Строк подання студентом роботи до 1.12.2021

3. Вихідні дані до роботи Існуючі методи покращення якості мастил, зменшення тертя та покращення трибологічних властивостей. Вузли тертя та ступіні їх зносу. Показники стану охорони парці в базовому господарстві. Техніко-економічні показники роботи базового господарства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Методика досліджень впливу твердої мастильної композиції на довговічність підшипників кочення. 3. Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати 4. Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки та пропозиції. Список літератури. Додатки

РЕФЕРАТ

В даній дипломній роботі розглянуті питання підвищення робото здатності вузлів тертя, а саме підшипникових вузлів оснащених підшипниками ковчання, за рахунок додавання у мастило твердих добавок ТМК (гідросилікат магнію).

В дипломній роботі були розглянуті існуючі добавки, які представлені на ринку автохімії та мають ліцензії і сертифікати. Розглянуто можливість зменшення коефіцієнта тертя в підшипниках додаванням до консистентного мастила Літол – 24 добавки ТМК.

Розроблено методику та алгоритм проведення досліджень. Надано рекомендації, щодо застосування добавок.

Дипломна робота включає в себе пояснювальну записку обсягом 86 сторінок, а також 12 слайдів демонстраційного матеріалу.

Ключові слова - експлуатація, роботоздатність, добавки, гідросилікат магнію, підшипниковий вузол, оливи, присадка, коефіцієнт тертя, випробування.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1. Загальні відомості про підшипники.....	9
1.2. Критерії працездатності підшипників кочення.....	13
1.3. Аналіз причин відмов підшипників кочення.....	13
1.4. Поліпшення антифрикційних і противозносних властивостей пластичних мастильних матеріалів за допомогою твердих та металоплакуючих добавок.....	23
1.5. Мастильні матеріали для підшипників кочення	26
1.6. Висновки та задачі роботи.....	31
2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ТВЕРДОЇ ЗМАЩУВАЛЬНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ТМК НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ.....	34
2.1. Основні напрямки підвищення довговічності пар тертя.....	34
2.2. Досліджувані мастильні композиції.....	35
2.3. Будова та особливості підшипників кочення.....	37
2.4. Методика вибору типу підшипника кочення. Теоретична частина	42
2.5. Висновок.....	53
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ.....	54
3.1. Методика проведення вимірів і дефектації підшипників кочення.....	54
3.2. Опис лабораторної установки	59
3.3. Підготовка до випробування зразків	60
3.4. Методика проведення ресурсних випробувань підшипників кочення....	63
3.5. Дослідження основних характеристик пластичних мащень з добавкою ТМК.....	64
3.6. Дослідження мастильних властивостей пластичних мащень, модифікованих добавкою ТМК.....	65
3.7. Рекомендації із застосування добавки ТМК із пластичними мащеннями в підшипниках кочення.....	68

3.8. Висновок.....	68
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ	70
4.1. Загальні відомості про охорону праці на підприємстві ПП "Клочко О.П."	70
4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на ділянці з діагностування та технічного обслуговування.....	71
4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів.....	74
4.4. Правила безпечного виконання робіт при діагностуванні та обслуговуванні двигуна.....	74
4.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації.....	76
4.6. Висновок.....	77
5. РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ДОБАВКИ ТСК.....	78
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	82
ДОДАТКИ.....	86

ВСТУП

Довговічність автомобілів, тракторів і сільськогосподарських машин у значній мірі залежить від інтенсивності зношування окремих деталей. Досвід експлуатації свідчить, що 80-90 % деталей машин виходять із ладу через зношування [1, 2].

Одним з елементів, що знижують показники надійності машин, є підшипники кочення. Недостатньо висока довговічність яких, у більшості випадків обумовлена причинами втомного характеру.

Застосування підшипників кочення дозволяє замінити тертя ковзання тертям катання. При цьому коефіцієнт тертя знижується до 0,0015 - 0,006 (це умовна величина, яка враховує всі втрати в підшипнику й ставиться до діаметра вала). Конструкція підшипників кочення дозволяє виготовляти їх у масових кількостях як стандартну продукцію, що значно знижує вартість виробництва. Витрата змащення на підшипник також зменшується. Габарит підшипників кочення (по довжині) менше габариту підшипників ковзання. Відзначені основні якості підшипників кочення забезпечили їм широке поширення. У багатьох галузях машинобудування вони майже повністю витиснули підшипники ковзання [3].

Виробництво підшипників кочення провідними промисловими країнами обчислюється сотнями мільйонів штук у рік. Вітчизняною промисловістю виготовляються підшипники зовнішнім діаметром від 1,5 до 2600 мм, масою від 0,5г до 3,5 т.

Широкі можливості в керуванні процесами тертя й зношування відкриваються із застосуванням нових високоякісних мастильних матеріалів. Відомо, що змащення визначає довговічність підшипників кочення не в меншій мері, чим матеріал його деталей.

Якщо припинити змащувати сільськогосподарські машини, засоби транспорту, індустріальні механізми, то дуже швидко не залишиться практично жодного діючого механізму. Без високоякісних мастильних матеріалів неможливий технічний прогрес. Тому вдосконалювання мастильних матеріалів, є найбільш

важливий шлях підвищення надійності підшипників кочення тракторів і сільськогосподарських машин [3, 4].

У цей час на ринку мастильних матеріалів представлений широкий вибір добавок, що дозволяють підвищити мастильні властивості масел за рахунок поліпшення їх противозадирних і противозносних властивостей. Однак дотепер немає інформації про добавки для пластичних мащень. Тому, метою даної роботи є виявлення можливості підвищення довговічності підшипників кочення автомобілів, тракторів і сільськогосподарських машин, шляхом поліпшення мастильних властивостей пластичних мащень за допомогою добавки ТМК (тверда-змащувальна композиція).

Актуальність магістерської роботи визначається проблемою підвищення ресурсу роботи підшипників кочення за рахунок зменшення сил тертя між поверхнями тіл кочення й кільцями, а також зниження зношування деталей підшипника кочення, що виникає в результаті проковзування тіл кочення щодо доріжок, що може бути отримане за рахунок використання добавки ТМК як добавки в мастильний матеріал.

Вірогідність результатів досліджень по збільшенню ресурсу роботи підшипників кочення, коефіцієнтів тертя, сил і моментів тертя, зносостійкості матеріалів досягається за рахунок використання випробувального обладнання, що дозволяє з достатньою точністю здійснювати вимір необхідних параметрів у процесі випробувань, а також обробки отриманих результатів із застосуванням сучасних засобів обчислювальної техніки й програмного забезпечення.

Апробація роботи. Ян Д.О. Підвищення довговічності підшипників кочення поліпшенням умов мащення / Ян Д.О. // матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції. Перспективи розвитку сучасної науки (частина I): Київ : МЦНД, 2021. – С. 41-44.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Загальні відомості про підшипники

Підшипник – це опора або напрямна, яка сприймає навантаження й допускає відносне переміщення частин механізму в необхідному напрямку. Основне призначення підшипників – підтримувати обертові деталі в просторі, сприймаючи діючі на них навантаження [3, 4]. Залежно від виду тертя підшипники ділять на два типи: ковзання й кочення. У підшипниках ковзання робочі поверхні вала й підшипника, повністю або частково розділені мастильним матеріалом, ковзають одна щодо іншої.

Підшипники кочення звичайно кулькові підшипники коштують дешевше, чим роликові підшипники подібних розмірів і звичайно вони використовуються для малих і незначних навантажень. У цих підшипників маленька площа контакту між доріжками й тілами кочення. Така конструкція дозволяє їм працювати на високих швидкостях з мінімальним руйнуванням від втоми й меншим нагріванням, чому роликові підшипники.

Підшипники кочення звичайно складаються із зовнішнього й внутрішнього кілець, тіл кочення (кульок або роликів) і сепаратора тіла, що втримує, кочення на певній відстані друг від друга. Іноді одне або обоє кільця відсутні і тоді тіла кочення котяться безпосередньо по валові або корпусі.

Класифікація й позначення підшипників кочення.

- за формою тіл кочення (рис. 1.1),

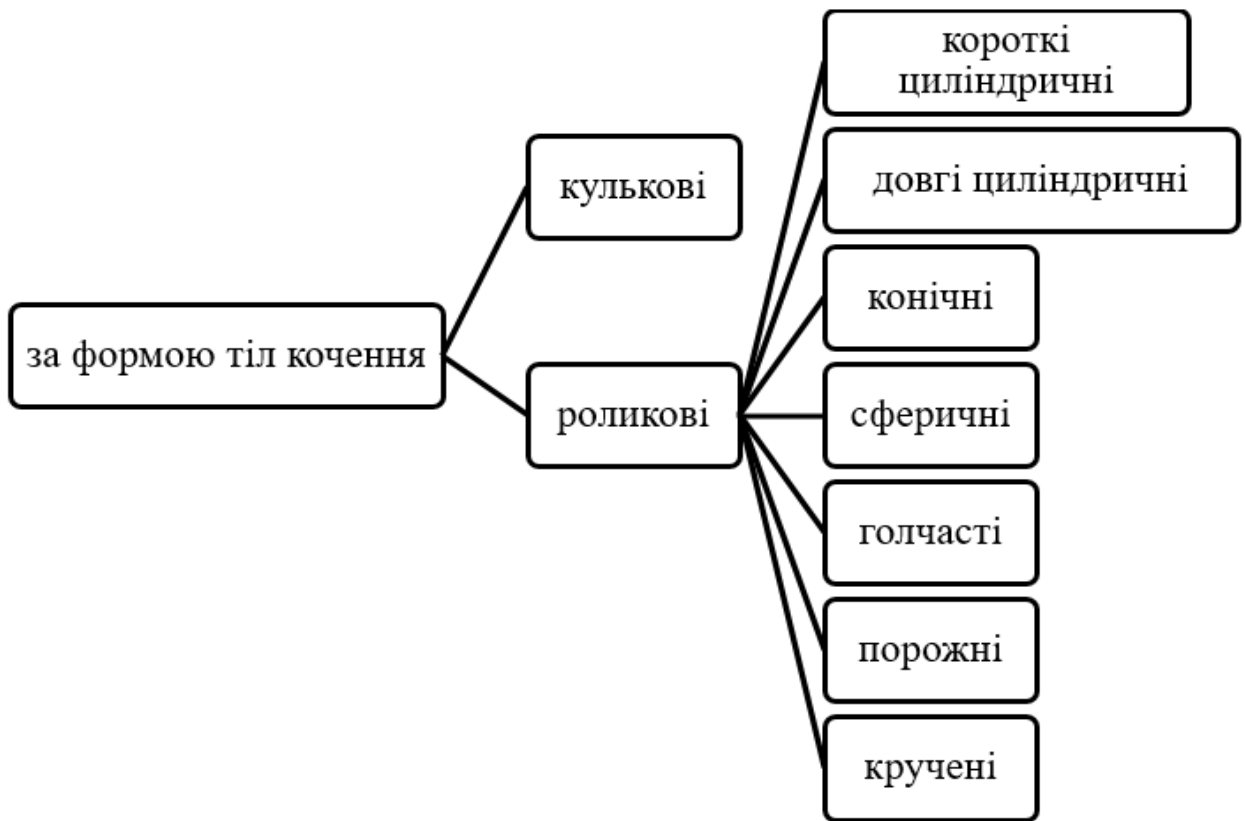


Рис. 1.1. Класифікація тіл кочення

- по напрямкові сприйманого навантаження

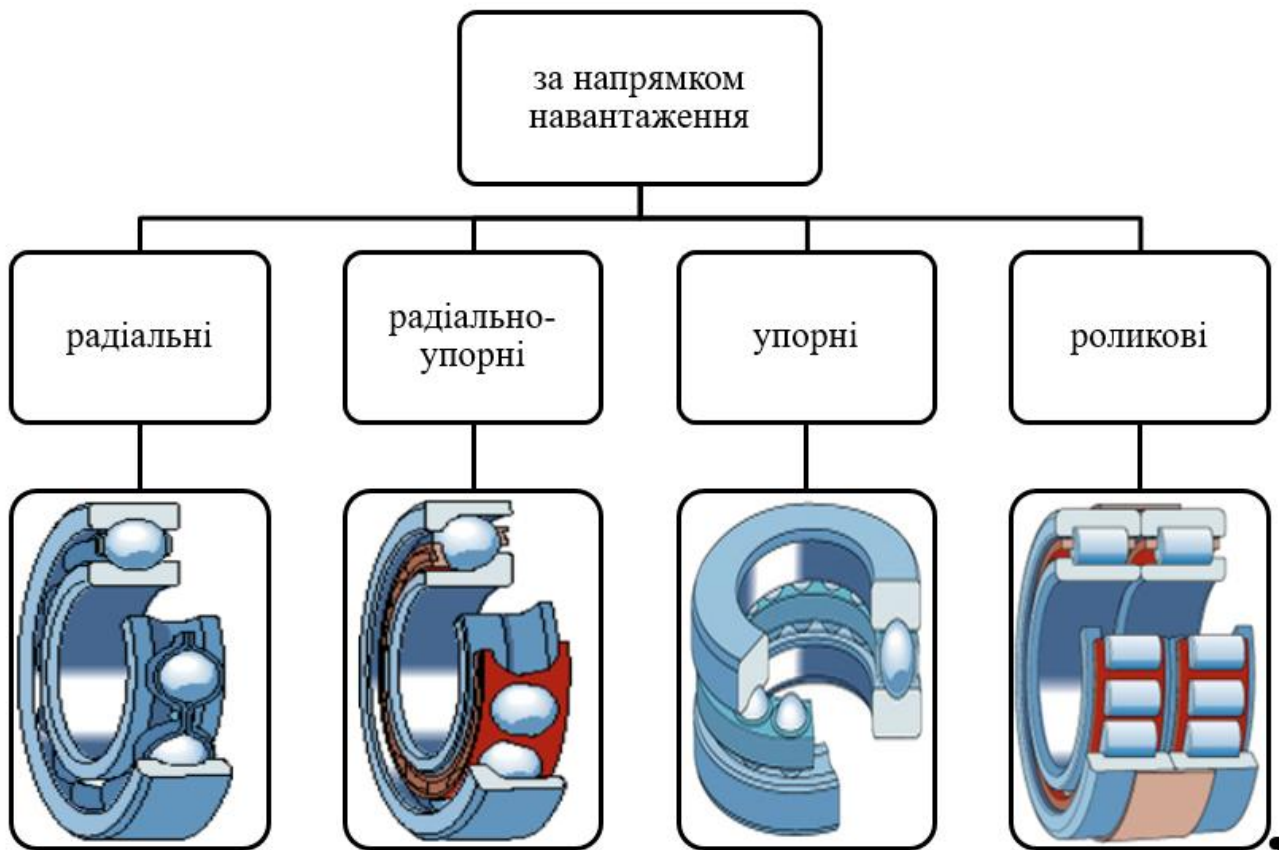


Рис. 1.2. Класифікація підшипників за напрямком навантаження

Радіальні кулькові підшипники Два основні типи радіальних кулькових підшипників – це підшипники з канавкою для введення кульок і підшипники без канавки. Крім того випускаються спеціальні підшипники для специфічних застосувань, наприклад дворядні підшипники, які можуть витримувати більш високі радіальні навантаження. Інший тип – це самоустановлювальний роликовий підшипник, що дозволяє компенсувати неспіввісність між валом і корпусом.

Радіально-упорні підшипники Ці підшипники створені, щоб витримувати комбіноване навантаження. Відношення радіального й осьового навантаження залежить від кута контакту між доріжками кочення й віссю підшипника.

Упорні підшипники Упорні підшипники головним чином ухвалюють упорне навантаження й забезпечують осьове положення вала. Цей тип підшипників відрізняється від інших тим, що відстань між кільцями перпендикулярно осі обертання. Упорні підшипники звичайно складаються із двох доріжок кочення, плоских або з поглибленням для тіл кочення, які розділяє сепаратор з тілами кочення.

Роликові підшипники В роликових підшипниках поверхня зіткнення тіл кочення із внутрішнім і зовнішнім кільцем більше, вони в загальному випадку витримують більші навантаження, чому порівнянні по розміру кулькові підшипники. Роликові підшипники витримують навантаження від середніх до важких і здатні витримувати ударні навантаження. Вони менше піддані деформації, чому кулькові підшипники, тому що тиск на ролики при зіткненні при рівному навантаженні менше через збільшену зону контакту. Роликові підшипники діляться на циліндричні, голчасті, сферичні й конічні. Окремо виділяють підшипникові вузли, коли підшипник поставляється вмонтованим у корпус.

- по числу рядів тіл кочення розрізняють підшипники одно-, двох- і багаторядні.



Рис. 1.3. Класифікація підшипників по числу рядів кочення

- по співвідношенню габаритних розмірів підшипники розділяють на серії. При тому самому внутрішньому посадковому діаметрі підшипники одного типу можуть мати різні зовнішні діаметри й ширину, тобто різні серії по діаметру й ширині. Зі збільшенням габаритних розмірів росте навантажувальна здатність підшипника, але знижується гранична частота обертання.

- стандартом встановлено кілька класів точності підшипників (у порядку підвищення): 8, 7, 0, 6X, 6, 5, 4, 2, Т. Клас точності визначає точність розмірів і форми деталей підшипників.

- по спеціальних вимогах випускають підшипники теплостійкі, високошвидкісні, малозумні, корозійностійкі, немагнітні, що самозмащуються.



Рис. 1.4. Класифікація підшипників по спеціальним вимогам

1.2. Критерії працездатності підшипників кочення

Працездатність підшипників визначається за двома критеріями [3, 4].

Статична вантажопідйомність (C_0) – навантаження, яке викликає загальну залишкову деформацію найбільш навантаженого тіла кочення величиною $10^{-4} D\omega$ (діаметр тіла кочення).

Динамічна вантажопідйомність (C_r) – постійне радіальне навантаження, яке може сприймати підшипник при довговічності 10^6 обертів.

Номінальна динамічна навантаженість C і номінальний період роботи пов'язані емпіричною залежністю

$$L = a_1 a_2 \left(\frac{C}{P} \right)^m \quad \text{або} \quad C = P \sqrt[m]{\frac{L}{a_1 a_2}}, \quad (1.1)$$

де L – номінальний термін служби, млн. обертів;

C – номінальна динамічна навантаженість, Н;

P – еквівалентна навантаженість, Н;

m – показник степеня, для шарикових підшипників $m = 3$, для роликів підшипників $m = 10/3 = 3,33$;

a_1 – коефіцієнт надійності;

a_2 – коефіцієнт спільного впливу якості металу і умови експлуатації, його значення лежить в межах $0,7 \div 1,4$.

1.3. Аналіз причин відмов підшипників кочення

Ефективні заходи щодо збільшення довговічності можна розробити тільки в тому випадку, коли відомі причини ушкоджень поверхневих шарів деталей підшипника, фізична сутність і закономірності розвитку процесів.

На рис. 1.5 наведений розподіл причин вибракування підшипників кочення. У цьому випадку основною причиною вибракування підшипників кочення є зношування. Друге місце по питомій вазі займає руйнування сепараторів. Далі

йдуть причини, пов'язані із провертанням кілець підшипників на валах і в корпусах, ушкодженням втомного характеру й вм'ятинами на робочих поверхнях підшипників; відколами кілець і ін.

Підшипники уніфікованих редукторів мають значні зноси, втомне руйнування, поломки сепараторів і провертання кілець підшипників. Дані про долю різних видів ушкоджень підшипників кочення в комбайнів різних марок і навіть комбайнів однієї марки, але в різних вибірках можуть трохи відрізнятися, тому що це співвідношення є результатом впливу ряду змінних факторів, у тому числі навантаженості, властивостей абразивних часток, що потрапляють в мастило і залежать від ґрунтових умов в зоні експлуатації кортоплезбирального комбайна.

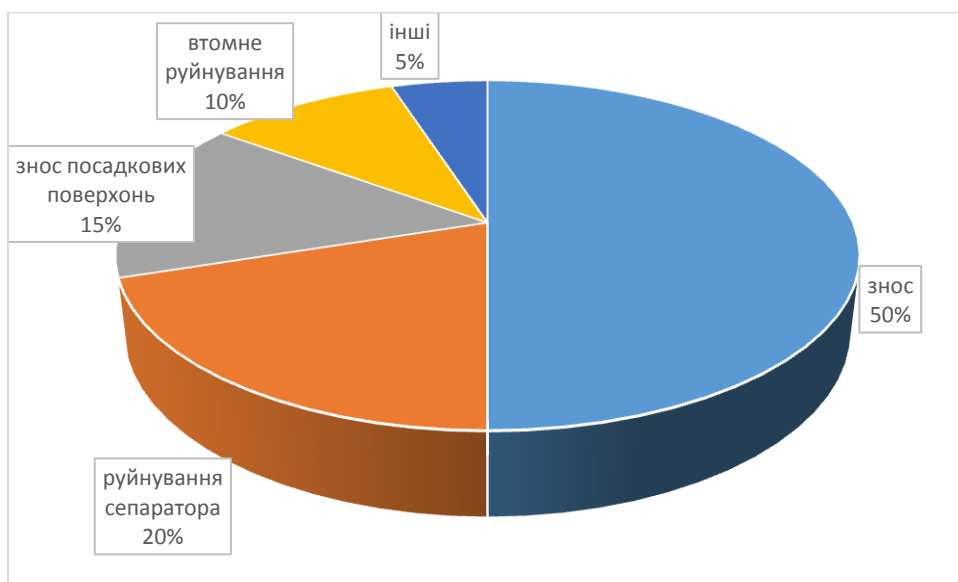


Рис. 1.5 - Розподіл причин вибракування підшипників кочення сільськогосподарської техніки

На рис. 1.6 наведена класифікація причин, що приводять до зниження довговічності підшипників кочення. Усі ці причини можна розділити на три групи: експлуатаційні, конструктивні та технологічні. Конструктивні та технологічні дефекти як правило об'єднуються в одну групу – конструктивно-технологічні.

Причини першої групи обумовлюються в основному рівнем дотримання правил експлуатації машин. При належному дотриманні правил експлуатації машин можна значно підвищити довговічність підшипників кочення. Це мож-

ливо шляхом підвищення кваліфікації ремонтників, застосування спеціальних стендів, знімачів, пристосувань для розбирання й складання, своєчасного змащення й заміни фільтруючих елементів системи змащення, своєчасної заміни герметизуючих пристроїв і т. д.

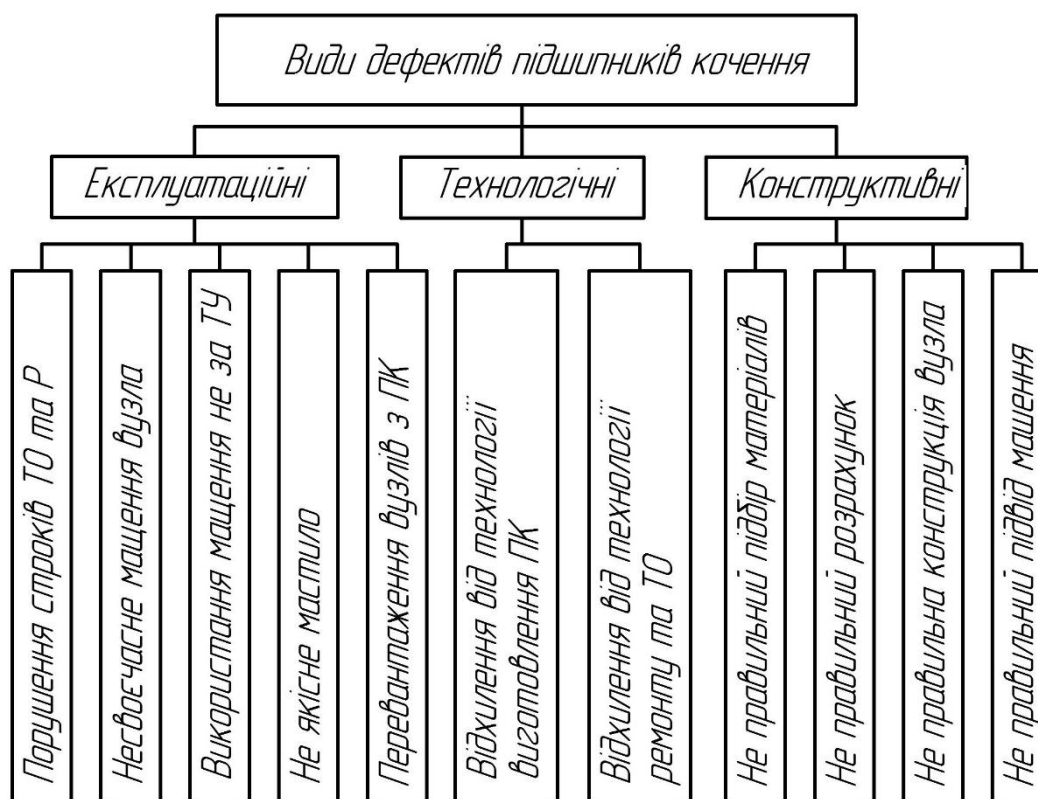


Рис. 1.6. Класифікація причин зниження довговічності підшипників

Причини другої групи визначаються стабільністю якості підшипників, що випускаються промисловістю, дотриманням технології виготовлення й ремонту машин. Якість виготовлення підшипників обумовлюється наступними факторами: належним вибором матеріалів, мащень і конструкції підшипників; співвідношенням розмірів їх деталей і раціональними внутрішніми зазорами; вибором режимів механічної й термічної обробки й раціональних методів одержання заготовок; забезпеченням належного операційного й остаточного контролю; автоматизацією процесів виготовлення й контролю.

Важливим фактором, що визначають довговічність підшипників, є дотримання технології виготовлення й ремонту деталей і складальних одиниць машин, від якої залежать умови роботи підшипників, пов'язані з посадками, допусками й відхиленнями, співвісністю, овальністю, конусоподібністю й іншими дефектами посадкових поверхонь. Шорсткість робочих поверхонь деталей під-

шипника, що перевищує припустиму, сприяє різкому збільшенню радіального зазору в початковий період експлуатації за рахунок змінання мікровиступів і наступному збільшенню коливальних процесів і відмові підшипника. Відхилення від геометричних розмірів деталей підшипника є причиною місцевого контактного перенавантаження й втомного викрашування металу.

Причиною зниження довговічності другої групи є відхилення від технології виготовлення й ремонту машин. Овальність, конусоподібність і інші дефекти посадкових поверхонь приводять до несприятливого перерозподілу навантаження між тілами кочення й втомному викрашуванню металу. Недотримання норм співвідношення кілець, що й сполучаються елементів веде до перекосів, защемлення тіл кочення, інтенсивному зношуванню й поломкам деталей підшипників. Якість складання, що забезпечує оптимальні посадки кілець підшипників кочення, є важливим чинником, що впливають на їхню довговічність. Від якості складання залежить не тільки довговічність підшипника, але й усієї складальної одиниці. Одним з розповсюджених дефектів є ослаблення посадок, яке приводить до провертання кілець і інтенсивному зношуванню посадкових поверхонь, доріжок кочення й кульок. Більшість посадкових місць зовнішніх кілець розташоване в корпусних деталях, які є складними й дорогими елементами сучасних машин, тому їх заміна або відновлення при ремонті сполучені з більшими витратами, які можуть досягати 45 % вартості ремонту складальних одиниць і агрегатів.

Основні типи ушкодження підшипників наведено на рис. 1.7 – 1.19.





Рис. 1.7. Утома доріжки кочення



Рис. 1.8. Викрашування поверхні

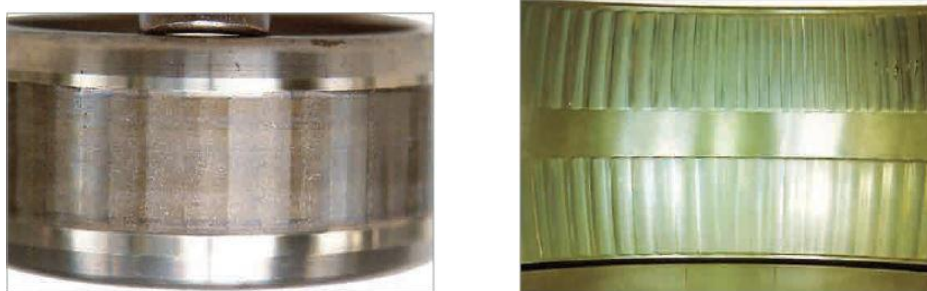




Рис. 1.9 Абразивне зношування. Ушкодження поверхні кочення



Рис.1.10.Атмосферна корозія

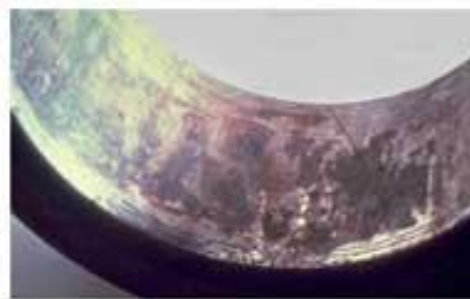


Рис. 1.11. Фретинг-корозія



Рис. 1.12. Бринелювання доріжок кочення



Рис. 1.3. Неправильне бринелювання. Відбитки на доріжці кочення за рахунок передачі монтажного зусилля через тіла кочення

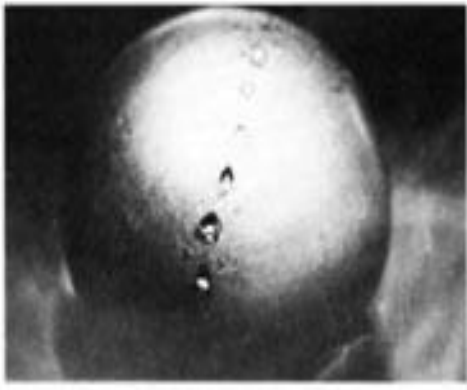


Рис. 1.14. Піттинг поверхні доріжок кочення через проходження сильного струму. Кратери на кульках викликані електрострумом.

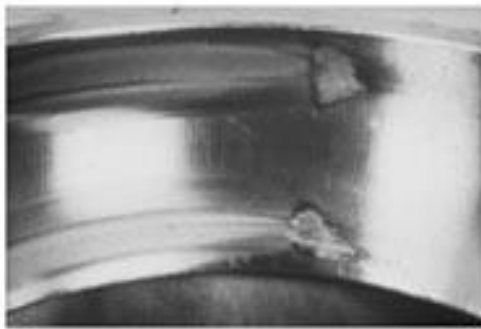


Рис. 1.15. Адгезія на тілах і доріжках кочення через недостатнє змащення.

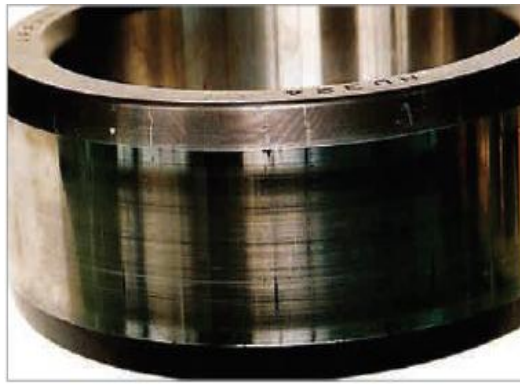


Рис.1.16. Ушкодження підшипника при складанні через недостатній досвід складання.

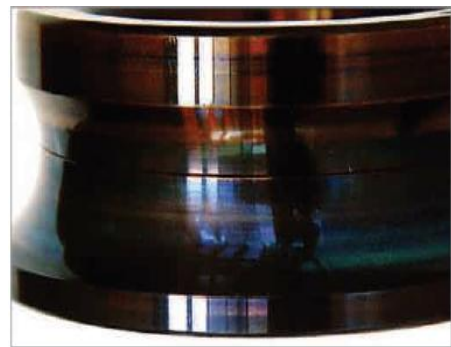
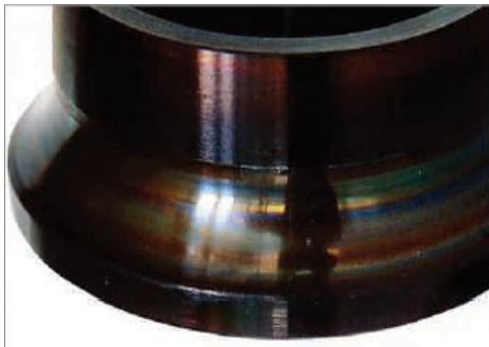


Рис.1.17.Забарвлення й ушкодження металу, викликане поганим змащенням і перегрівом.

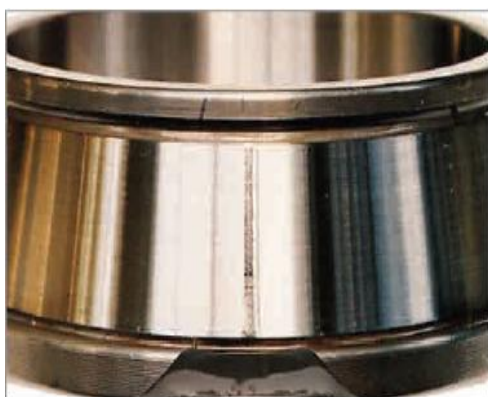




Рис.1.18.Розколювання



Рис.1.19. Ушкодження сепаратора

1.4. Поліпшення антифрикційних і противозносних властивостей пластичних мастильних матеріалів за допомогою твердих та металоплакуючих добавок

Застосування твердих добавок - перспективний напрямок з метою поліпшення властивостей мастильних матеріалів. Однак наукові основи застосування добавок до мастильних матеріалів різного сполуки розроблені слабо [6].

Найбільш ефективними й багатоцільовими добавками залишаються графіт і дисульфід молібдену (MoS_2), нітрид бору (BN). Крім цих речовин у пластичні мастильні матеріали можуть вноситися сульфіди й селеніди ряду металів (WS_2 , TiS_2 , CdS , WSe_2 , $TiSe_2$), інші солі м'яких металів і полімери. В окремих випадках використовується слюда й азбест [7, 8, 9].

Основна мета введення в пластичні мастильні матеріали подібних добавок полягає в поліпшенні мастильної здатності, збільшенні міцності мастильного шару в навантаженій зоні контакту, підвищенні герметизуючих і захисних властивостей, зменшенні витискання мастильного матеріалу з підшипникового вузла, зниженні коефіцієнта тертя, зниженні зношування деталей підшипників кочення [10].

Порошкоподібні тверді добавки повинні мати високу адгезію до металевих поверхонь, гарним змочуванням дисперсійним середовищем, високим ступенем чистоти продукту (98,5 - 99,5 %) і повною відсутністю абразивних домішок, високим ступенем дисперсності часток порошку й вузьким фракційним складом, високою хімічною, гідролітичною і термічною стабільністю.

Найбільш застосовуваними добавками, що володіють гарними зазначеними властивостями, є графіт, дисульфід молібдену, полімерна добавка ПТФЕ. Опублікована велика кількість робіт, присвячених застосуванню цих добавок у пластичних мастильних матеріалах. Можна відзначити роботи В. В. Ваванова, Р. М. Матвеевського, В. В. Синіцина, І. Г. Фуксу, А. В. Чичинадзе і інших авторів.

Триботехнічні властивості мастильних матеріалів значно поліпшуються при введенні в них порошоків м'яких металів, їх оксидів або солей. До таких до-

бавок відносяться високодисперсні порошки міді, олова, свинцю, цинку, бронзи, латуні, срібла, алюмінію й сплавів на їхній основі. Дія цих добавок пояснюється гарною адгезійною здатністю дисперсних часток. Дрібнозерниста фракція за рахунок великої вільної поверхні поліпшує мастильну здатність і підвищує термін дії мастильної плівки, що сприяє підвищенню ресурсу роботи підшипникового вузла. Це пояснюється такими явищами, як: вибірковий перенос (ВП); металоплакуючий ефект; утворення з'єднань міді із шаруватою структурою, які мають високі антифрикційні властивості.

Якщо розчинення міді не відбувається й не настає ефект ВП, реалізується ефект металоплакування з утворенням плівки на поверхні тертя, що також позначається на поліпшенні триботехнічних характеристик мастильного матеріалу. У свою чергу це сприяє збільшенню ресурсу роботи підшипника кочення, що обумовлене: зниженням контактних напруг у зоні контакту тіл кочення з кільцями підшипника в результаті збільшення фактичної площі при заповненні міддю мікронерівностей, захисними властивостями плівки від водневого зношування й від руйнувань під дією циклічних навантажень, що приводять до втомного зношування.

Ультрадисперсні порошки халькопірита отримані із природного матеріалу шляхом багаторазового подрібнення в кульовому млині. Формула халькопірита представляє з'єднання типу $Fe + CuS + S$. Співвідношення цих складових буде залежати від сполуки природного матеріалу.

В останні роки великий інтерес викликають матеріали, що мають розмір часток порядку 0,0140 Нм, отримані детонаційним методом у середовищі вуглекислого газу 18. Одним з них є ультрадисперсний порошок алмазографіту. Рядом фахівців висловлена думка про можливе застосування цього матеріалу як твердої добавки для поліпшення якості пластичних мастильних матеріалів [10, 11, 12, 13].

Оскільки властивості таких порошоків у мастильному матеріалі вивчені мало, у роботі [14] висловлене припущення про механізм дії ультрадисперсного порошку алмазографіту, у якій автори дотримуються наступної думки. Вуглець, що перебуває в порошок інертний і не вступає в реакцію з металом. Виникаючі

при терті в місцях контакту поверхонь високі температури, а також наявність у мастильному матеріалі поверхнево-активних речовин, приводить до насичення поверхневих шарів атомарним вуглецем. Величина поверхневої питомої енергії знижується, зменшується адгезійна складова тертя, знижується коефіцієнт тертя. Розглядаючи механічний вплив часток ультрадисперсного порошку алмазографіту, автори вважають, що частки, заповнюючи мікрозападини тертьових поверхонь, збільшують фактичну площу контакту, тим самим підвищують адгезійну здатність мастильного матеріалу. Подібної думки відносно впливу ультрадисперсного порошку алмазографіту дотримуються у своїх роботах і інші автори [15].

Авторами [16] була запропонована класифікація твердих добавок, що поліпшують антифрикційні й противозносні властивості мастильних матеріалів. Класифікація присадок дана за критеріями розчинності, типу компонентів і механізму дії. Результати цього огляду представлені в табл. 1.2. На їхню думку, більш перспективними є присадки 7 групи, які не можуть бути каталізаторами окиснення мастильних матеріалів по своїй природі. Частки цих добавок легше проникають у зазор і розділяють тертьові деталі при більших питомих навантаженнях. Крім того, висловлене припущення, що при зближенні поверхонь тертьових деталей алмазні частки порошку працюють як мікрошарикопідшипники.

Таблиця 1.2- Групи добавок, застосовувані в мастильних матеріалах

Номер групи	Тип, характеристика	Характер позитивного ефекту	Основна негативна дія
1	Маслонерозчинні колоїдні, що містять M_0S_2 ,	Зниження сили тертя	Випадання присадки з масла
2	Олієрозчинні, що містять MoS^2 , Zn, S, P	Зниження сили тертя, величини зношування	Корозія деталей з кольорових металів і сплавів, забруднення фільтрів

3	Олієрозчинні беззолі, що містять S, P, N	Зниження сили тертя, величини зношування	Корозійна активність
4	Маслонерозчинні водорозчинні, колоїдні, що містять ПТФЕ	Зниження сили тертя, величини зношування, витрати масла	Ріст коксівності масла, випадання присадки з масла, токсичність відпрацьованих газів
5	Олієрозчинні, що містять бор	Зниження величини зношування	Немає даних
6	Олієрозчинні, металоплакуючі утримуючі мідь олово, свинець, нікель	Зниження сили тертя, величини зношування, витрати масла	Корозія деталей з кольорових металів і сплавів, погіршення термоокислювальної стабільності
7	Ультрадисперсні порошки графіту, алмаза, нітриду бору й карбїду бору	Збільшення противозадирних і припрацьовних властивостей	Немає даних
8	Рідкі кристали (холестиринові ефіри бензойної кислоти)	Зниження сили тертя	Немає даних

Результати дослідження показали, що при введенні в пластичні мастильні матеріали ультрадисперсних порошоків алмазографїта, величина зношування контактуючих поверхонь знижується в 2-4 рази, коефіцієнт тертя зменшується на 14-40 %, а в деякому випадку до 60 %, залежно від виду базового мастильного матеріалу.

1.5. Мастильні матеріали для підшипників кочення

1.5.1. Роль змащення в процесі тертя й зношування

Практично жоден механізм, у якому є частини, що рухаються, не може працювати без мастильних матеріалів. Навіть якщо в ньому немає вузлів тертя. Його металеві деталі майже завжди захищені від корозії консерваційними змащеннями. Змащення можна зустріти скрізь, у побуті й на виробництві.

Без високоякісних мастильних матеріалів неможливий технічний прогрес. Якщо припинити змащувати сільськогосподарські машини, засоби транспорту, індустриальні механізми, то дуже швидко не залишиться практично не одного діючого механізму [17].

Без мастильного матеріалу не можуть обійтися й підшипники кочення, у яких змащення відіграє величезну роль у забезпеченні їх працездатності. Неправильно обраний мастильний матеріал або його недостатня кількість неминуче приведе до передчасного руйнування підшипника кочення, тобто скороченню його терміну служби. Слід зазначити, що змащення визначає довговічність підшипників кочення не в меншій мірі, чим матеріал його деталей. Особливо зростає роль змащення з підвищенням напруженості роботи підшипникових вузлів.

1.5.2. Переваги й недоліки пластичних мащень перед маслами

Складність і різноманіття вимог до мастильних матеріалів не дозволяє використовувати один тип змащення. У той же час не можна обійтися, наприклад, і тільки мастилами [17].

У цей час використовують тверді, рідкі, газоподібні, а також пластичні мастильні матеріали. Найпоширенішими й широко застосовуваними в техніку загального призначення, у тому числі й сільськогосподарській техніці, одержали рідкі й пластичні мастильні матеріали.

По масштабах виробництва перше місце, безумовно, належить мастилам (більш 90 % усіх мастильних матеріалів). Основна частка їх витрачається у двигунах внутрішнього згорання. Також масла широко застосовуються в різних редукторах (трансмісійні масла), компресорах, парових машинах і турбінах і в інших вузлах, як правило, рекомендуються для змащення підшипників кочення й зубчастих передач.

Пластичні змащення займають проміжне положення між твердими й рідкими мастильними матеріалами. Вони являють собою м'які мазі з досить щільною, густою консистенцією, одержувані загущенням мастил різними загущувачами (в основному, натрієвими, кальцієвими або літієвими милами).

Можна виділити наступні переваги пластичних мащень перед маслами [17, 18]:

- гарне втримання на похилій і навіть вертикальній поверхні, відсутність видавлювання з вузлів тертя під дією значних навантажень;
- значно менша зміна в'язкості змащення з температурою;
- кращі показники противозносних і противозадирних властивостей (особливо при твердих режимах роботи);
- кращий захист металевих поверхонь від корозії;
- висока герметизація тертя вузлів, запобігання від влучення небажаних продуктів;
- більш надійна й ефективна робота в жорстких умовах експлуатації при одночасному впливі високих температур, тисків, ударних навантажень, змінному режимі швидкостей;
- економічність у застосуванні завдяки більш тривалій працездатності, меншій витраті й меншим витратам на обслуговування техніки.

До недоліків мащень слід віднести: поганий відвід тепла від тертьових деталей, більш складну систему подачі до вузла тертя, низьку стабільність мильних мащень до окиснення, нагромадження згодом продуктів зношування.

1.5.3. Використання пластичних мащень

Марки, склад і властивості мащень, широко використовуваних у підшипниках кочення автотракторній і сільськогосподарській техніці, представлено в таблиці 1.3 [18, 19].

Серед пластичних мащень найбільше поширення одержали солідоли. Солідоли різних марок відрізняються один від іншого видом загущувача, а отже й температурним діапазоном працездатності. Жирові й синтетичні солідоли взаємозамінні, у них приблизно однакові експлуатаційні властивості.

Солідоли є цілком задовільним мастильним матеріалом для температур не вище 65-70 °С. При цьому вони мають недостатню механічну стабільність, солідоли досить швидко видавлюються або випливають із негерметичних шарнірів. Тому, їхнє використання в маточинах автомобілів і інших вузлах, де температура нерідко досягає 70-90 °С, невиправдано. Так при експлуатації вантажних автомобілів ГАЗ і ЗИЛ у більшості випадків відбувається скидання солідолу з підшипників і витікання його з маточин [20].

Таблиця 2. Пластичні змащення застосовувані в підшипниках кочення тракторів і сільськогосподарських машин

№	Марка	Склад	Ефективна в'язкість при 0 °С і швидкості деформації 10 с ⁻¹ , Па с	Межа міцності при 50 °С, Па с, не менш	Температура краплепадіння, °С, не нижче	Температурна межа працездатності	
						нижня	верхня
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Солідол-Ж (ГОСТ 1033-79 дійсний в Україні до 01-01-22)	Індустріальне масло, кальцієві миді, бавовняного масла, саломас, вода	250	200	75	-25	65
2	Солідол-С (ГОСТТ 4366-76 дійсний в Україні до 01-01-22)	Індустріальне масло, кальцієві миді, синтетичних жирних кислот, вода	200	100	75	-30	50

2	Літол-24 (ТУ-21150-87)	Мінеральне масло, літієве мило оксистеаринової кислоти, антиокислювальна й вязкісна присадки	280	450 (при 20 °С)	180	-40	130
3	ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267-74 діючий)	Масло вазелінове приладове МВП, літієве мило стеаринової кислоти, антиокислювач	1100 (при 50 °С)	250...500	175	-60	90
4	Змащення №158 (ТУ 38.101320-77)	Масло авіаційне МС-20, літієво-калієве мило стеаринової кислоти, касторове масло, антиокислювальна й противосна присадки	400	120	130	-40	120

У невеликих кількостях у тракторах. і автомобілях, в основному в підшипниках генератора й магнето, застосовують змащення № 158 і ЦИАТИМ-201. Остання, рекомендується для всіх вузлів тертя, де необхідно забезпечити мінімальний опір при низьких температурах (наприклад, гнучкі валики спідометра й тахометра). Змащення №158 так само застосовують у карданах постійної кутової швидкості.

Значно розширена область застосування високоякісного змащення Літол-24, яка з успіхом заміняє інші в складальних одиницях автотракторній і сільськогосподарської техніці. Це змащення рекомендується до застосування зі збільшенням в 2... .. 4 рази строком зміни.

Слід зазначити, що переваги змащення Літол-24 проявляються лише в досить кваліфікованих вузлах тертя. У грубих, незахищених від бруду й води вузлах тертя застосовувати високоякісні змащення недоцільно. Літол-24 може убезпечити підшипники від зношування й забезпечити його роботу до появи

втомного руйнування в надійно герметизованих вузлах, при температурі 70-100 °С и середніх навантаженнях.

Застосування модифікованих вузлів тертя з надійними ущільненнями, заповнені високоякісними, стабільними змащеннями дозволяє відмовитися від заміни або поповнення її, у всякому разі, до капітального ремонту машин.

Необхідно відзначити, що строки зміни мащень у вузлах тракторів і автомобілів є залежним від умов експлуатації, що особливо важливо для техніки використовуваної в сільському господарстві. Найбільше значення має стан до-ріг. При русі по ґрунтових дорогах, у бездоріжжя й т.п., строки між зміною змащення повинні скорочуватися в середньому на 15 % проти норм для звичайних умов руху. При русі по дорогах із твердим покриттям, періодичність змащення може бути збільшена на 15 % [21].

1.6. Висновки та задачі роботи

Надійність підшипників кочення впливає та роботу механізмів і є найважливішим чинником, що визначають технічний рівень агрегатів і машин. Поняття про надійність підшипників можна трактувати як задоволення ними експлуатаційних вимог протягом усього терміну служби за умови дотримання всього комплексу вимог, що забезпечують роботу підшипника в даному вузлі.

Довговічність підшипника визначається факторами, які можна розділити на три групи.

Конструктивні фактори: належний вибір матеріалів, мащень і конструкцій підшипників; установлення необхідних співвідношень розмірів їх деталей і призначення раціональних внутрішніх зазорів; розробка принципово нових опор кочення.

Технологічні фактори: вибір режимів механічної й термічної обробки для використовуваних матеріалів і раціональних методів одержання їх заготовок; забезпечення належного операційного й остаточного контролю; автоматизація процесів виготовлення й контролю.

Фактори, зв'язані застосуванням підшипників: правильний вибір підшипників відповідно до характеру навантаження, швидкістю обертання й температурним режимом; забезпечення необхідних посадок і співвісності посадкових місць; належне змащення й ущільнення підшипників; грамотна техніка монтажу й експлуатації підшипників.

На стадії експлуатації й ремонту машин остання група факторів має вирішальне значення. Тому що грубі порушення елементарних вимог техніки монтажу, змащення й відходу приводять до значного зниження довговічності підшипників [18]. Тому необхідно, щоб споживачі підшипників використовували керовані матеріали за методикою вибору й регулювання підшипників в умовах впливу на них статичних і динамічних навантажень різного напрямку й інтенсивності.

Необхідно також користуватися методикою раціонального вибору змащення й ущільнення підшипникових вузлів; мати у своєму розпорядженні необхідні дані по посадках підшипників на шийки валів і в корпуси з урахуванням характеру навантажень, конструкції підшипників і методів їх регулювання, а так само швидкості обертання.

Розрахунковий ресурс роботи підшипників може бути забезпечений тільки за умови дотримання належного режиму змащення й тепловідводу.

При цьому застосування високоякісного мастильного матеріалу повинне бути невід'ємною складовою.

Мета роботи: підвищення ресурсу роботи підшипників кочення за рахунок зменшення сил тертя між поверхнями тіл кочення й кільцями, а також зниження зношування деталей підшипника кочення за рахунок використання добавки ТМК (гідросилікат магнію) як добавки в мастильний матеріал.

Відповідно до вищесказаного сформулюємо основні завдання досліджень:

1. Теоретично обґрунтувати можливість підвищення довговічності підшипників кочення за допомогою металоплакуючих добавок до пластичних мащень.

2. Змодельовати роботу підшипника кочення в лабораторних умовах на машині тертя й установити дію добавки твердо-змащуючої композиції (ТМК).
3. Оцінити вплив добавки ТМК на довговічність підшипників кочення, що працюють на пластичному змащенні.
4. Розробити рекомендації із застосування пластичних мащень із добавкою ТМК у підшипниках кочення.
5. Розробити заходи з охорони праці.
6. Провести техніко-економічну оцінку роботи.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ТВЕРДОЇ ЗМАЩУВАЛЬНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ТМК НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

2.1. Основні напрямки підвищення довговічності пар тертя

Як відомо основною причиною відмови машин є зношування деталей. У результаті якого, відбувається порушення нормального режиму роботи машин і механізмів, знижується їхній коефіцієнт корисної дії, точність, економічність, надійність. Тому проблеми зниження тертя й зношування є досить актуальними при проектуванні, виготовленні, експлуатації й ремонті машин.

Виходячи з аналізу процесу тертя й зношування, І. В. Крагельским було запропоновано два основні правила зниження зношування й коефіцієнта тертя [22]:

- правило позитивного градієнта зсувного опору, згідно з яким фрикційний зв'язок повинен бути тим менш міцним, чим глибше лежать шари;
- правило мінімального занурення контактуємого тіла в поверхню, що сполучається, - для цього твердість і гладкість однієї з поверхонь (зазвичай більшої по розміру) повинні бути гранично більшими.

Методи забезпечення позитивного градієнта зсувного опору досить різноманітні, але зводяться в основному до створення на робочих поверхнях пар тертя покриттів, що володіють малим зсувним опором, покликаним локалізувати процеси, що породжують зсувні напруження, у тонкому поверхневому шарі. Існують механічні, електролітичні й інші методи нанесення металевих і полімерних покриттів.

Досить широко застосовується спосіб фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО) для нанесення на поверхні деталей тонких шарів антифрикційних покриттів з латуні, міді, бронзи й, т.п. [23]. Сутність методу полягає у використанні явища переносу металу при тертя. Перспективність ФАБО обумовлюється простою технологією, високими триботехнічними характеристиками нанесеного покриття, відносно низькими матеріальним витратами. ФА-

БО застосовується при виготовленні й ремонті деталей двигунів (поршнів, гільз, шийок колінчатого валів), паливної апаратури (плунжерів золотників) і інших вузлів тертя [23, 24].

Дослідження ряду закордонних і вітчизняних учених показують, що вдосконалювання властивостей мастильних матеріалів у порівнянні зі зміною технології обробки поверхонь тертя з метою підвищення зносостійкості набагато ефективніше й дозволяє збільшити питоме навантаження в парах тертя в 40 - 50 раз [25],

Підвищення противозносних і противозадирних властивостей мастильних матеріалів в основному пов'язане з використанням присадок, що містять активні з'єднання сірки, хлору, азоту й фосфору. Сучасні високоякісні масла містять до 15 % різних присадок. Слід зазначити, що при однаковій концентрації присадки більш ефективні в маслах, чим в змащеннях [18, 26]. Механізм дії противоизносних і противозадирних присадок до мастильних матеріалів обумовлений фізико-хімічними процесами, що відбуваються в процесі тертя: адсорбцією й хемосорбцією.

Усе більше застосування в техніці знаходять твердомастильні композиції (ТМК), використовувані у вигляді дисперсних порошків, присадок до масел і пластичних змащень елементів, що самозмазуються, твердих мастильних покриттів [18, 27]. Найбільше поширення у вигляді ТМК одержали м'які метали (срібло, свинець, барій і ін.), неорганічні з'єднання (графіт, дисульфід молібдену, окис свинцю, дисульфід і диселенид вольфраму й ін.), композиційні матеріали (фторопласт-графіт-дисульфід молібдену, дисульфід-молібден-дисульфід молібдену, срібло-диселенид вольфраму і т.д.). Сучасні ТМК застосовуються для змащення вузлів тертя ковзання й кочення при високих питомих навантаженнях і критичних температурах.

2.2. Досліджувані мастильні композиції

ТМК виготовляється на основі гідросилікату магнію, який являє собою порошок ясно-сірого кольору. Дисперсність порошку перебуває в межах від 0,1

до 6 мкм. Порошок додається разом з згущувачем в масло і утворюється мастильна композиція, в нашому випадку гідросилікат магнію додається в готові мастильні композиції утворюючи ТМК. Процес формування ТМК наведено на рис. 2.1.

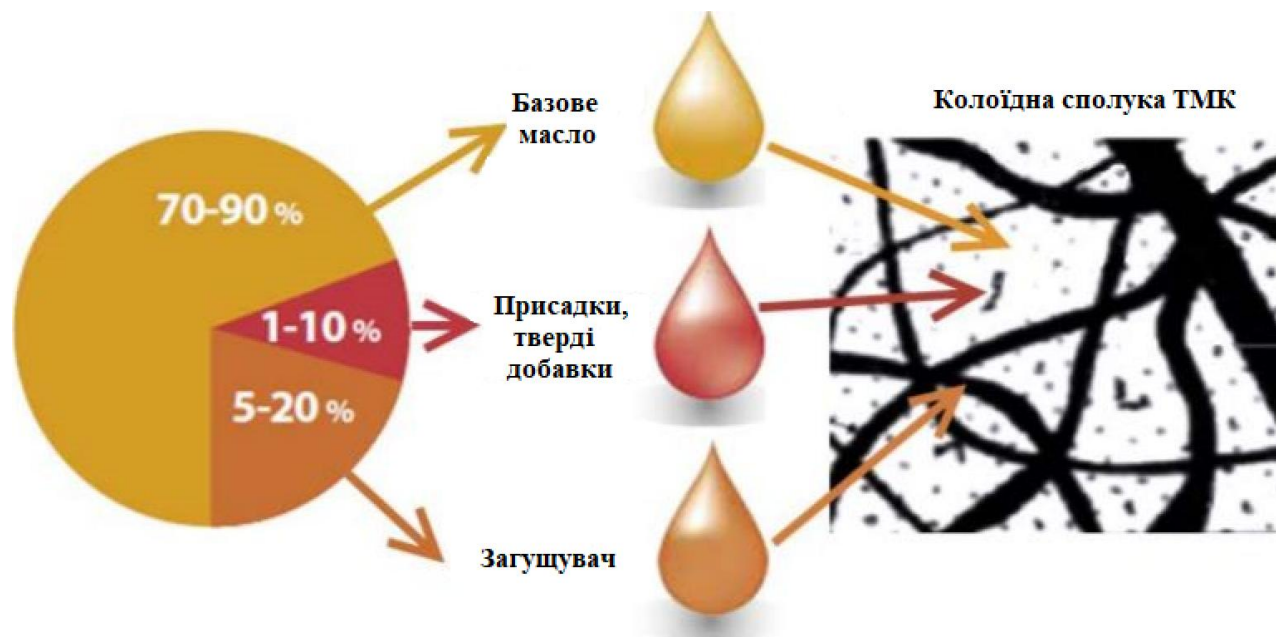


Рис. 2.1. Процес формування ТМК

Деякі інші фізико-хімічні показники добавки ТМК представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1- Фізико-хімічні показники добавки ТМК

№	Показник	Значення
1	Масова частка вологи	не більш 10%
2	Корозійність на пластинках свинцю	10 г/м. кв
3	Коефіцієнт термічного розширення	13,6-14,2
4	Навантаження зварювання	3500 Н
5	Індекс задира	Не менш 55
6	Мікротвердість оброблених поверхонь	780-810 НV

Механізм дії ТМК, на думку розроблювача сполуки Воробйова А. М., зводиться до наступного: на першому етапі обробки за рахунок абразивних властивостей композиції відбувається видалення з поверхні третювих частин шару окислів металу й одночасно має місце процес вирівнювання рельєфу; зі змен-

шенням нерівностей і вирівнюванням мікрорельєфу відбувається збільшення дійсної площі контактної поверхні, зменшення локальних напружень і деформування атомних зв'язків.

При цьому в текстурований шар і зону пластичних деформацій впроваджуються іони металів, що приводить до зростання мікротвердості й міцності поверхневого шару. Одночасно в точках контакту відбувається хімічна реакція, у результаті якої на поверхні утворюється полікристалічний матеріал. Для утворення центрів кристалізації й регульованого росту зерен до сполуки ТМК вводяться іони певних металів, які деформуються в шар, зміцнюючи його й утворюючи на поверхні безперервний ряд твердих розчинів (рис. 2.2).

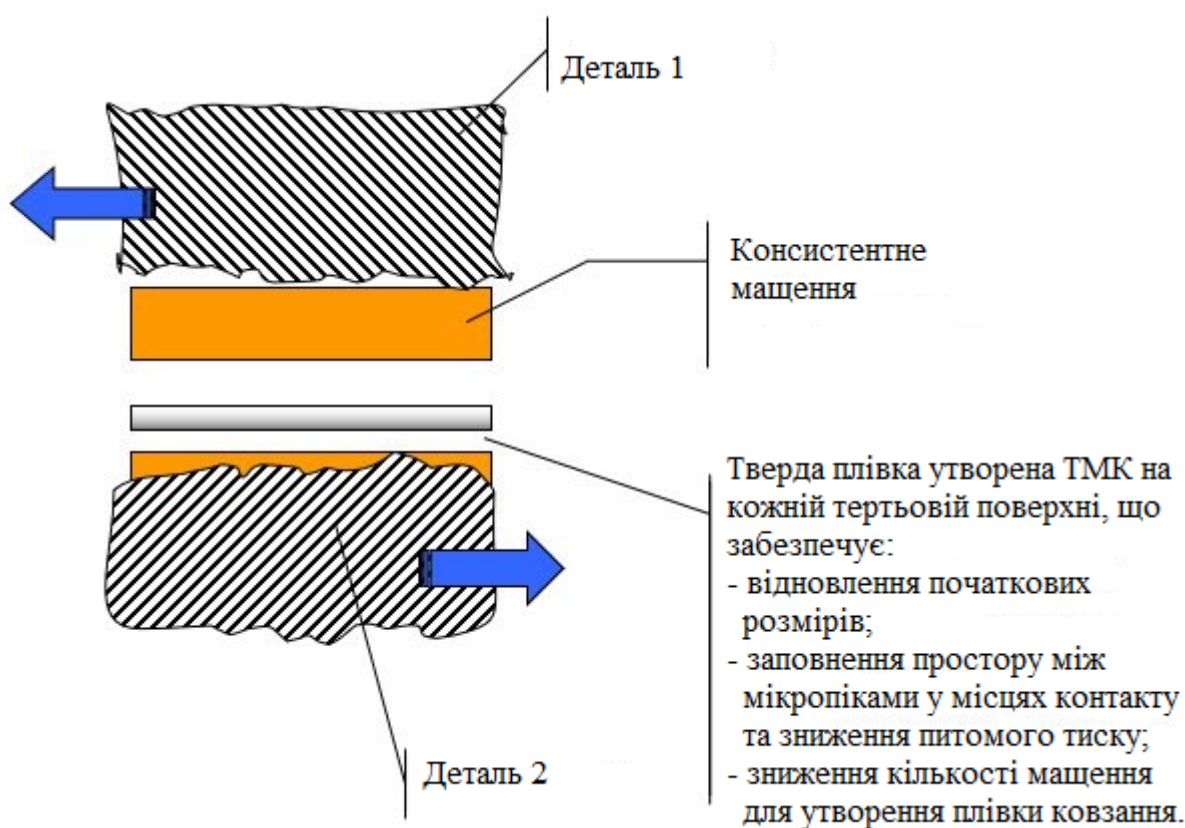


Рис. 2.2. Схема утворення мастильного шару

2.3. Будова та особливості підшипників кочення

Кулькові підшипники кочення – це опори, призначені для підтримки валів, осей і різних деталей, що роблять обертальний рух.

Підшипник (рис. 2.3) складається із зовнішнього 1 і внутрішнього 2 кі-

лець, тіл кочення (шариків) 3 і сепаратора 4, що розділяє тіла кочення [2, 3, 4, 28].

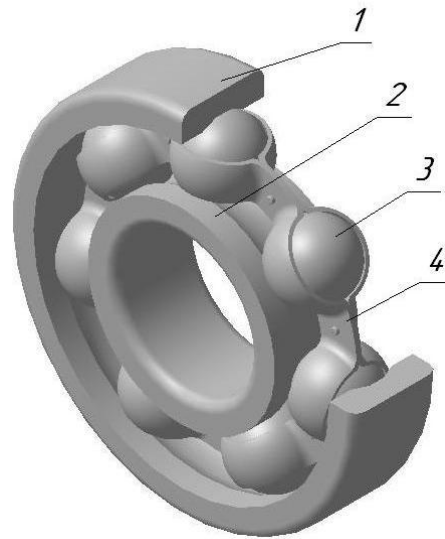
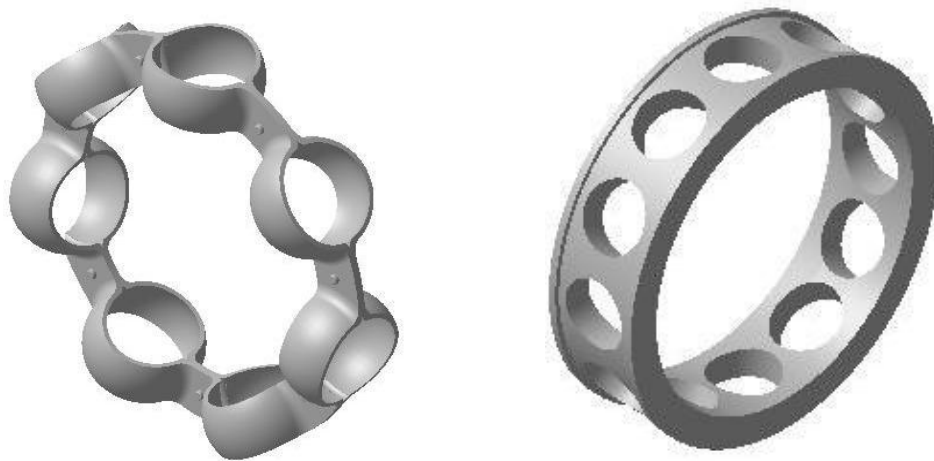


Рис. 2.3. Будова підшипника

Підшипникові кільця й тіла кочення виготовляють із хромистих сталей ШХ6, ШХ9, ШХ15, ШХ15ГС і хромонікелевих сталей 12ХНЗА, 12Х2Н4А та ін. Виготовлені деталі термічно обробляють до твердості HRC 62–65, потім шліфують, ретельно полірують. Сепаратори (рис. 2.4) виготовляють із листової сталі (штамповані сепаратори, рис. 2.4а), бронзи Бр. АЖМц 10-3-1,5 і алюмінієвих сплавів (литі сепаратори, рис. 2.4б), текстоліту.

Позитивні якості підшипників кочення в порівнянні з підшипниками ковзання : малі втрати на тертя в пускові періоди; більша надійність проти заїдання й пожежна безпека; можливість безаварійної роботи при короткочасних перебоях з подачею змащення; висока ступінь взаємозамінності; знижена витрата мастильних матеріалів; простота обслуговування.



а)

б)

Рис. 2.4 Сепаратори

а - штамповані сепаратори, б - литі сепаратори.

Основними недоліками є: більша твердість внаслідок малої площі контакту робочих елементів; обмежений термін служби, особливо при більших навантаженнях і швидкостях; велике розсіювання строків служби підшипників однієї партії, що працюють при однакових режимних параметрах; непридатність для монтажу, наприклад, на шатунних і проміжних корінних шейках колінчатих валів, тому що кільця підшипників кочення нероз'ємні [29, 30].

По характеру сприйманого навантаження підшипники підрозділяють на:

радіальні – несучі в основному радіальне навантаження, спрямоване перпендикулярно геометричної осі вала;

упорні – несучі навантаження уздовж осі обертання підшипника,

радіально-упорні – сприймають зусилля, спрямовані як у радіальному, так і в осьовому напрямках.

Залежно від співвідношень габаритних розмірів – зовнішнього діаметра D , внутрішнього діаметра d і ширини B підшипника (рис. 2.5) розрізняють серії:

- *надлегку*,

- *легку*,

- *легку широку*,

- *середню*,

- *середню широку*,

- важку.

Підшипники різних серій відрізняються один від одного в основному граничним числом обертів за хвилину, а також динамічною й статичною вантажопідйомністю [30]. Зміни габаритів підшипників різних серій при постійному d показано на рис. 2.5.

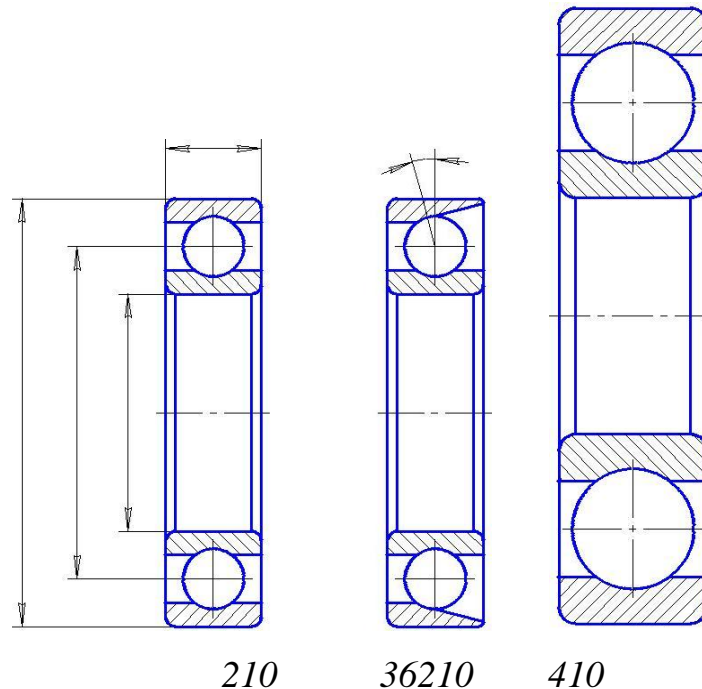


Рис. 2.5. Серії підшипників

Шарикопідшипники маркують і умовно позначають на кресленнях за допомогою цифр, які характеризують певні ознаки підшипника за наступною схемою.

Перша й друга цифри праворуч позначають номінальний внутрішній діаметр підшипника (номінальний діаметр вала в місці посадки підшипника) у мм, причому:

а) для всіх підшипників з діаметром отвору 20 мм і більш ці дві цифри представляють частку від розподілу діаметра (у мм) на 5;

б) для всіх підшипників внутрішні діаметри від 10 до 17 мм обзначають у такий спосіб:

Внутрішній діаметр підшипника в мм	10	12	15	17
Позначення	00	01	02	03

в) для підшипників із внутрішнім діаметром до 9 мм перші дві цифри із

права вказують фактичний розмір внутрішнього діаметра в мм.

Якщо перші дві цифри позначають дійсний, а не умовний діаметр, то на третьому місці ставлять 0. Третя й сьома цифри обозначають серію підшипника, характеризуючу підшипник по діаметру (третя цифра) і по ширині (сьома цифра). Позначення серій наступні:

- особолегка – цифрою 1,
- легка – 2,
- середня – 3,
- важка – 4,
- легка широка – 5,
- середня широка – 6.

Четверта цифра позначає тип підшипника, наприклад, радіальний кульковий однорядний – 0, радіально-упорний кульковий – 6.

П'ята й шоста цифри характеризують конструктивні особливості підшипника.

Повний момент тертя в підшипнику кочення зручно представити у вигляді суми

$$T = T_0 + TF, \quad (2.1)$$

де T_0 – момент тертя, що не залежить від навантаження;

TF – момент тертя, що залежить від навантаження на підшипник.

Момент тертя, що не залежить від навантаження T_0 , визначається переважно опорами на перемішування змащення й повітряно-масляного середовища. У зв'язку із цим він залежить від кількості й властивостей змазки, способу її підведення конструкції й габаритів підшипника, швидкості його обертання. Теоретичний облік впливу зазначених факторів сьогодні не представляється можливим, тому момент тертя визначається дослідним шляхом.

Момент сил тертя TF , що залежить від навантаження, визначається переважно опорами перекочуванню й просковзуванню тіл кочення в контактах з кільцями. При радіальному навантаженні на підшипник зусилля між тілами ко-

чення розподіляються, як показано на рис. 2.6.

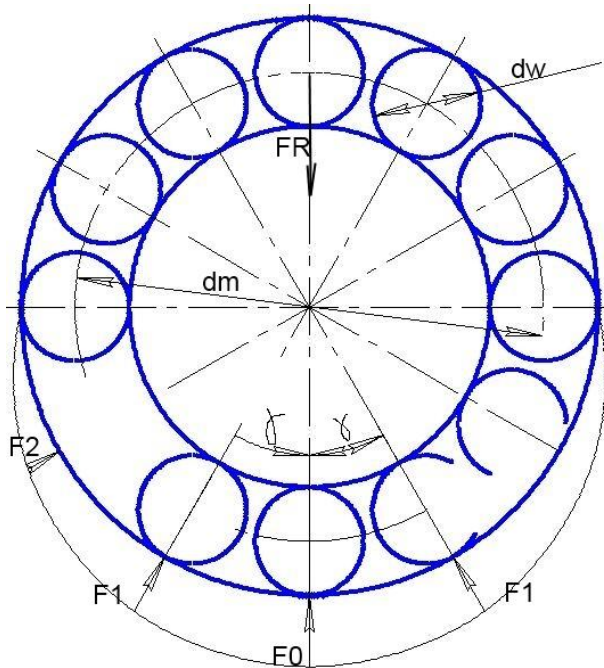


Рис. 2.6. Розподіл навантаження по тілам кочення

За умовою рівноваги (рис. 2.6).

$$F_r = F_0 + 2 F_1 \cos \alpha + 2 F_2 \cos 2\alpha + \dots + 2 F_n \cos n\alpha, \quad (2.2)$$

де $\alpha = 360^\circ/z$; z – число кульок.

2.4. Методика вибору типу підшипника кочення. Теоретична частина

Підшипники кочення у редукторах являють собою основний тип опор [3, 4, 5, 19, 30].

При розробці компонованої схеми редуктора приблизно визначають діаметр посадочного місця вала для встановлення підшипника. При виборі типу підшипника беруть до уваги величину і напрямок навантаження на опорі, розміри посадочних місць вала та корпусу, жорсткість підшипника, його вартість. Рекомендації при виборі типу підшипника в залежності від відношення осьового до радіального навантаження F_a/F_r наведені у табл. 2.2.

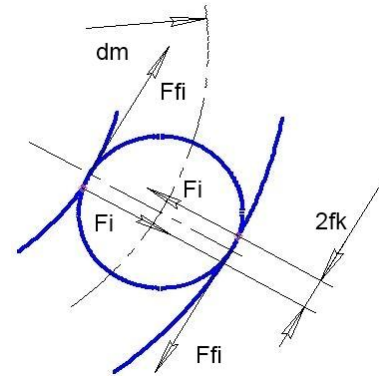


Рис. 2.7. Схема сил, що діють на шарик

Довідкові дані для розрахунків наведені у [3, 4, 31]

Порядок підбору підшипників кочення за динамічною вантажністю.

При проектуванні машин підшипники кочення не конструюють і не розраховують, а підбирають із числа стандартних за відомими формулами. Метод підбору підшипників стандартизований ГОСТ 18854-73, ГОСТ 18855-73.

Підбір підшипників за динамічною вантажністю (за заданим ресурсом роботи) виконують при $n > 1$ об./хв.

Правило підбору:

$$C(\text{розрахункова}) < C(\text{номінально-каталогова})$$

Таблиця 2. 2 - Рекомендації щодо вибору типу підшипника

Відношення Fa/Fr	Тип підшипни- ку	Осьова складова радіального на- вантаження S (частина від Fr)	Примітки
0,35	Однорядні ра- діальні шари- кові		При можливості використання легкої серії одержуються кращі по швидкохідності
Від 0,35 до 0,7	3600, $\alpha = 12^\circ$	$0,3Fr$	Дозволено використовувати особливо легку і надлегку серії
Від 0,71 до 1	4600, $\alpha = 26^\circ$	$0,8Fr$	При дуже високих швидкостях переважно легка серія
Від 1 до 1,5	6600, $\alpha = 36^\circ$	$0,9Fr$	Для високих швидкостей під- шипник з цим кутом контакту не підходить
При $Fa/Fr > 1,5$ рекомендується використовувати конусні радіально-упорні підшипники, або здвоєні радіально-упорні шарикові.			

Номінальна динамічна навантаженість C для радіальних і радіально-упорних підшипників є така радіальна навантаженість, яку підшипник (з нерухомим зовнішнім кільцем) може витримати за період номінального терміну служби, розрахованого в один мільйон обертів внутрішнього кільця без появи

утоми матеріалу будь-якого кільця або тіла кочення не менш, як у 90 % із визначених кілець підшипника, які випробувались [3, 4, 5, 19, 30].

Для упорних і упорно-радіальних підшипників розрахунковим параметром є статична навантаженість C_0 .

Номінальна динамічна навантаженість C і номінальний період роботи пов'язані емпіричною залежністю

$$L = a_1 a_2 (C/P)^m \quad \text{або} \quad C = P \sqrt[m]{L/(a_1 a_2)}, \quad (2.3)$$

де L – номінальний термін служби, млн. обертів;

C – номінальна динамічна навантаженість, Н;

P – еквівалентна навантаженість, Н;

m – показник степеня, для шарикових підшипників $m = 3$, для роликових підшипників $m = 10/3 = 3,33$;

a_1 – коефіцієнт надійності, табл. 2.4;

a_2 – коефіцієнт спільного впливу якості металу і умови експлуатації, його значення лежить в межах $0,7 \div 1,4$.

Таблиця 2.4 - Коефіцієнт надійності a_1

Надійність, або частка підшипників, на які поширюється гарантійний ресурс	0,9	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
Коефіцієнт надійності, a_1	1,0	0,62	0,53	0,44	0,33	0,21

Номінальний час роботи у годинах (довговічність)

$$L_h = 10^6 L / (60n), \quad (2.4)$$

де n – частота обертання, хв^{-1} .

Розрахункове значення динамічної вантажності визначають у відповідності з даною довговічністю Lh .

Еквівалентне навантаження R для радіально-упорних підшипників є умовна постійна навантаженість, яка при дії на підшипник з рухомим внутрішнім кільцем та нерухомим зовнішнім, забезпечує таку ж довговічність, яку підшипник буде мати при діючих умовах навантаження та обертання. Для упорних та радіально-упорних підшипників відповідно буде постійна центральна, осьова навантаженість при рухомому кільці, закріпленому на валу та нерухомому кільці в корпусі

$$R = (XV F_r + Y F_a) k_\delta k_t, \quad (2.5)$$

де F_r, F_a – радіальне та осьове зовнішнє навантаження, Н;

X, Y – коефіцієнти радіального та осьового навантаження, вибираємо за табл. 2.5;

V – коефіцієнт обертання, він залежить від того, яке кільце підшипника обертається (при обертанні внутрішнього кільця $V = 1$, зовнішнього $V = 1,2$);

k_δ – коефіцієнт безпеки, що враховує характер навантаження, табл. 2.6;

k_t – температурний коефіцієнт, табл. 2.6.

При змінному режимі, коли навантаження та частота обертання змінюються ступінчасто, розрахунок проводять за умовним еквівалентним навантаженням

$$R = \sqrt[3]{\left(\sum_1^n R_i^3 L_i \right) / \left(\sum_1^n L_i \right)}, \quad (2.6)$$

де R_i – еквівалентні навантаження, що діють на протязі L_i млн. обертів відповідно.

Особливості підбору радіально-упорних підшипників кочення. Для нормальної роботи регульованого радіально-упорного підшипника необхідно, щоб осьове навантаження у підшипнику F_a було більше або дорівнювало S , де S – мінімальна осьова сила для регульованого радіально-упорного підшипника, що дорівнює осьовій складовій від радіального навантаження (рис. 2.8). У радіально-упорному шарикопідшипнику радіальна реакція F_r викликає осьову реакцію S , рівну $S = eFr$, а в конічному роликовому підшипнику $S = 0,83eFr$. Відношення S/F таким чином не перевищує e . Тому, коли на підшипник не діють інші осьові сили, потрібно приймати $X = 1$, $Y = 0$. При наявності зовнішнього осьового навантаження F_a необхідно виходити з того, що осьове навантаження підшипника не може бути меншим S і, що діючі на вал осьові сили взаємно врівноважуються.

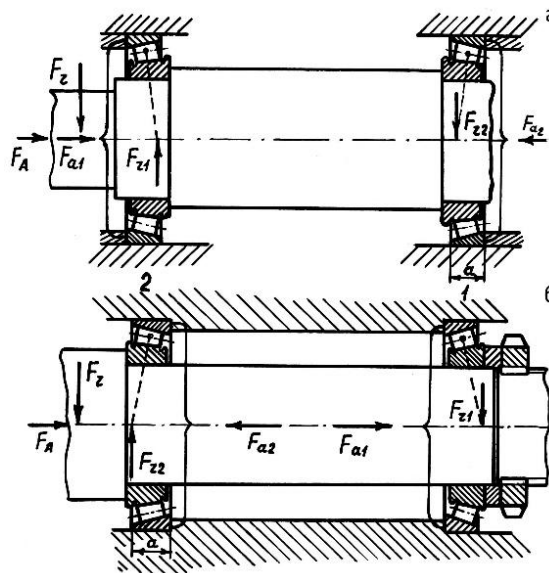


Рис. 2.8. Навантаження радіально-упорних підшипників:

а – в розпір; б – в розтяжку

Таблиця 2.5 -Значення коефіцієнта безпеки $k\delta$

Характер навантаження	$k\delta$	Приклади
Спокійне (без поштовхів)	1	Ролики стрічкових транспортерів
Легкі ривки. Короткочасні перевантаження до 125 % від розрахункового навантаження	1 – 1,2	Прецензійні зубчасті передачі, блоки, легкі вентилятори та повітрянодувки
Помірні ривки та вібрації. Короткотривалі перевантаження до 150 % від розрахункового навантаження	1,3 – 1,5	Редуктори усіх конструкцій
Те ж в умовах підвищеної надійності	1,5 – 1,8	Центрифуги та розсіювачі, енергетичне обладнання
Значні ривки та вібрації. Короткотривалі перевантаження до 200 % від розрахункового навантаження	1,9 – 2,2	Валики середньосортних прокатних станів, подрібнювачі для руди та камінню, зубчасті передачі 9-го ступеня точності

Таблиця 2.6 - Значення температурного коефіцієнта kt

Робоча температура підшипника, °С	До 100	125	150	175	200	225	250	300
kt	1.0	1,05	1,1	1,15	1,25	1,35	1,4	1,6

Результативні осьові навантаження отримують з рівняння рівноваги та умови правильності регулювання

$$\begin{cases} \frac{1}{F_{a1}} + \frac{1}{F_A} + \frac{1}{F_{a2}} = 0; \\ F_{a1} > S_1; \\ F_{a2} > S_2. \end{cases} \quad (2.7)$$

Розв'язуємо одержану систему методом проб (табл. 2.7) за умови:

$$Fa1 = S1, \quad (2.8)$$

знаходимо

$$Fa2 = S1 + FA. \quad (2.9)$$

Якщо одержане значення

$$Fa2 > S2, \quad (2.10)$$

то приймаємо

$$Fa1 = S1, Fa2 = S1 + FA. \quad (2.11)$$

Якщо

$$Fa2 < S2, \text{ то } Fa2 = S2 \quad (2.12)$$

і знаходимо

$$Fa1 = S2 + FA. \quad (2.13)$$

Еквівалентне навантаження R визначається для кожної опори 1 та 2 з урахуванням

$$Fa1 \text{ та } Fa2. \quad (2.14)$$

Для опор зі спареними конічними радіально-упорними підшипниками (рис. 2.10) еквівалентне навантаження для опори 1 може бути визначене за відношенням

$$R_1 = (0,5F_r + Y F_a). \quad (2.15)$$

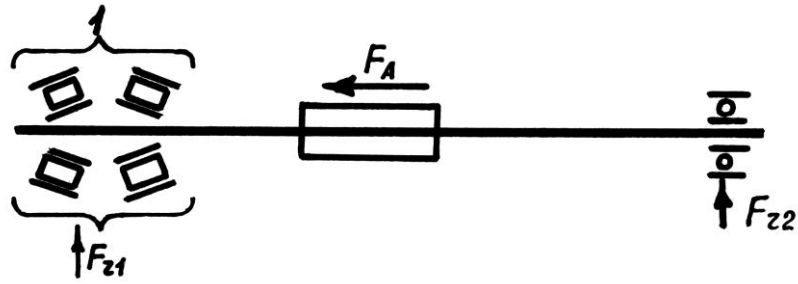


Рис. 2.10. Вал зі здвоєними радіально-упорними підшипниками
Розрахуємо осьову силу, F_a згідно схем рис. 2.11.

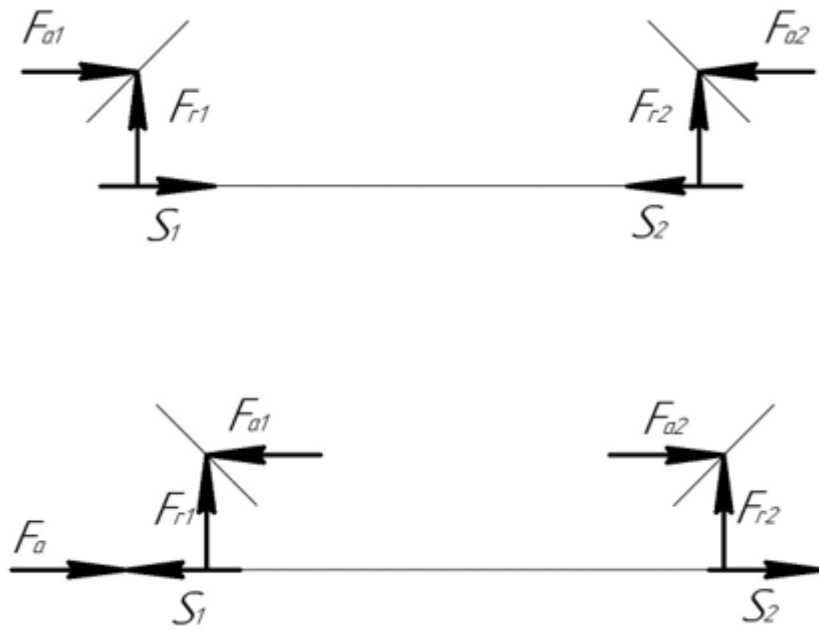


Рис. 2.11. Схема навантаження підшипника
а – в розпір, б – в розтяжку

Осьове навантаження в розпір.

$$F_{a1} = S_1, \quad (2.16)$$

$$F_{a2} = S_1 + F_a. \quad (2.17)$$

Осьове навантаження в розтяжку.

$$F_{a1} = S_2 - F_a, \quad (2.18)$$

$$F_{a2} = S_2. \quad (2.19)$$

Радіальна реакція радіально-упорного підшипника вважається прикладеною до вала у точці перетину нормалей, проведених до середини контактних площадок. Ця точка може бути визначена графічно або по відстані a від зовнішнього кільця (рис. 2.4).

Для однорядних шарикових підшипників

$$a = 0,5 \left[B + \frac{(d + D)}{2} \operatorname{tg} \alpha \right]. \quad (2.20)$$

Для роликів конічних

$$a = \frac{T}{2} + \frac{(d + D)e}{6}, \quad (2.21)$$

де d та D – внутрішній та зовнішній діаметри підшипників;

B – ширина шарикового підшипника;

T – відстань між протилежними торцями кілець роликотпідшипника.

Розрахунок підшипника. При розрахунках вала редуктора визначені реакції опор $F_{r1} = 3600$ Н, $F_{r2} = 1800$ Н, осьове навантаження $F_a = 1400$ Н, підшипники встановлені за схемою «а» (2.10). Діаметри вала, на якому встановлені підшипники, $d = 50$ мм, а частота його обертання $n = 1400$ хв⁻¹.

Осьова сила діє на другу опору, тому визначаємо відношення для цієї опори:

$$F_a/F_r = 1400/1800 = 0,78.$$

На основі рекомендацій, приведених в таблиці 2.7, вибираємо тип підшипника: шариковий радіально-упорний, з кутом контакту $\alpha = 12^\circ$. Перевіряємо варіант з шариковим радіально-упорним підшипником середньої серії №46310 із збільшеним кутом контакту $\alpha = 26^\circ$, для якого $C = 56300$ Н, $C_0 = 44800$ Н. За табл. 2.4 маємо $e = 0,68$.

Так як відношення

$$F_a/F_r = 1400/1800 = 0,78 > e,$$

то згідно табл. 2.4 коефіцієнти $X = 0,41$, $Y = 0,87$.

Осьова складова

$$S_1 = eF_{r1} = 0,78 \cdot 3600 = 2450 \text{ Н.}$$

Осьове розрахункове навантаження на другу опору

$$F_{a2} = S_1 + F_a = 2450 + 1400 = 3850 \text{ Н.}$$

Еквівалентне навантаження другої опори

$$R = (XVF_{r2} + YF_{a2})k_\delta k_t = (0,41 \cdot 1 \cdot 1800 + 0,87 \cdot 3850) \cdot 1,4 \cdot 1 = 5700 \text{ Н.}$$

Довговічність

$$L = (C/R)^m = (56300/5700)^3 = 970 \text{ млн.об.}$$

Тобто

$$L_h = \frac{10^6 L}{60n} = \frac{10^6 \cdot 970}{60 \cdot 1400} = 11600 \text{ год.}$$

Одержана розрахункова довговічність приймається, тому що мінімальний ресурс роботи підшипників за умовою складає 10000 годин.

Оцінка ресурсу роботи підшипника кочення при використанні твердого мастильного матеріалу ТМК використовується як критерію працездатності й описується формулою [19].

$$L = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{Q} \right)^p, \quad (2.22)$$

де a_1 – коефіцієнт надійності $a_1=1$;

a_{23} – коефіцієнт змащення й матеріалу, обумовлений по номограмах і графікам;

C – динамічна вантажопідйомність підшипника;

Q – еквівалентне навантаження на підшипник;

p – статичний коефіцієнт (для роликових підшипників кочення $p = 3,33$).

Ресурс роботи розглянутого в роботі підшипника кочення із пластичним мастильним матеріалом Літол-24, у якості критерію працездатності, розраховується по формулі (2.22).

$$L = 1 \cdot 1,4 \cdot \left(\frac{56300}{5700} \right)^3 = 1349 \text{ млн. обертів}$$

Тобто

$$L_h = \frac{10^6 L}{60n} = \frac{10^6 \cdot 1349}{60 \cdot 1400} = 16059 \text{ год.}$$

Таким чином додавання у підшипник пластичного мащення модифікованого ТМК підвищує його довговічність на 27,7%.

2.5. Висновок

При застосуванні нових мастильних матеріалів і технологічних методів підвищення терміну служби деталей важливе прогнозування їх ресурсу. Правильно розрахований термін служби дозволить спланувати регламентні роботи, необхідну кількість запасних частин і робітників, зайнятих технічним обслуговуванням і ремонтом техніки.

Довговічність кулькових і роликових підшипників автотракторної й сільськогосподарської техніки може бути збільшено на 27,7 %, за рахунок застосування добавок, що створюють у комбінації з мастильним матеріалом на тертьових поверхнях захисне покриття.

Застосування добавок дозволяє знизити шорсткість поверхонь тертя й лікувати дрібні ушкодження, що утворюються після механічної обробки деталей, а також збільшити навантаження заїдання.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Методика проведення вимірів і дефектації підшипників кочення

Нами використовувалася чітка послідовність операцій контролю при мікрометражі й дефектації підшипника кочення: огляд, перевірка на легкість обертання, контроль розмірів кілець, вимір радіального зазору (для кулькових і роликових підшипників із циліндричними роликами) або монтажної висоти (для радіально-упорних роликових і упорних кулькових підшипників).

На підшипниках не допускаються: тріщини або викрашування металу, кольору мінливості, вибою й відбитки (лунки) на бігових доріжках кілець, шелушіння металу, корозія, глибокі ризики й надлами, наскрізні тріщини на сепараторі, відсутність або ослаблення заклепок сепаратора, забої й вм'ятини на сепараторі, що перешкоджають плавному обертанню зовнішнього кільця підшипника, нерівномірне зношування бігових доріжок, утвір «ялинки» в упорних і радіально-упорних підшипниках, виступання роликів через зовнішню обойму кінцевого підшипника і відчутно пальцем східчастий виробіток робочих поверхонь кілець.

Допускаються подряпини, ризики на посадкових поверхнях кілець підшипників, вм'ятини на сепараторі, що не перешкоджають плавному обертанню підшипника, матова поверхня бігових доріжок і тіл кочення.

Шорсткість зовнішнього й внутрішнього кілець підшипників повинна бути не більш $R_a < 2,5$ мкм. Контроль шорсткості поверхні на ремонтних підприємствах проводять візуально по зразках шорсткості поверхні [29, 32, 33].

У технічних вимогах на капітальний ремонт вказуються наступні параметри підшипника: місце установки, номер по стандарту, тип, припустимі діаметри або відхилення кілець, радіальний зазор (початковий, припустимий, граничний).

Мікрометраж і дефектацію кілець підшипників кочення проводять універсальними засобами вимірів, похибка яких

$$\Delta_{\text{lim}} \leq 0,35 T_k, \quad (3.1)$$

де T_k - допуск діаметра кільця.

Мікрометраж і дефектацію зовнішнього кільця проводять за допомогою наступних засобів вимірів: оптиметром і мікрокатором у важкій стійці, важільною скобою, важільним мікрометром (у стійці). Мікрометраж і дефектацію внутрішнього кільця проводять горизонтальним оптиметром, інструментальним мікроскопом, індикаторним нутроміром із ціною поділки 001...0,002 мм.

Виміри при мікрометражі кілець проводять у двох крайніх перетинах а – а і б – б і двох площинах S_1 і S_2 рис. 3.1. Виміри при дефектації кілець проводять у двох площинах S_1 і S_2 в одному перетині 1 - 1, як показано на рис. 3.1.

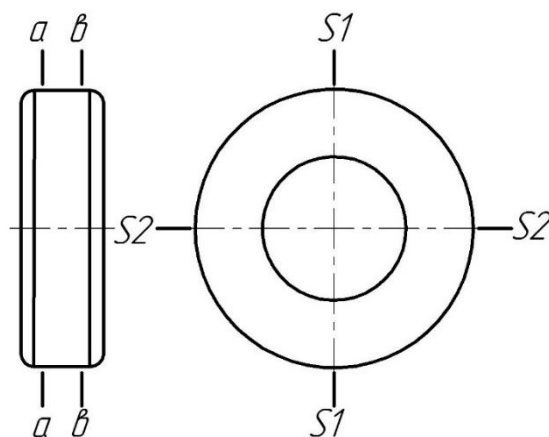


Рис. 3.1. Вимірювальні площини та перерізи підшипника

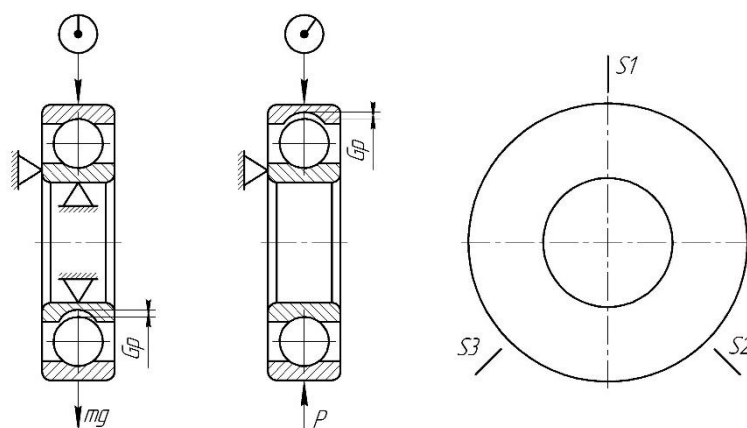


Рис. 3.2. Вимірювання радіального зазору підшипника кочення при дефектації

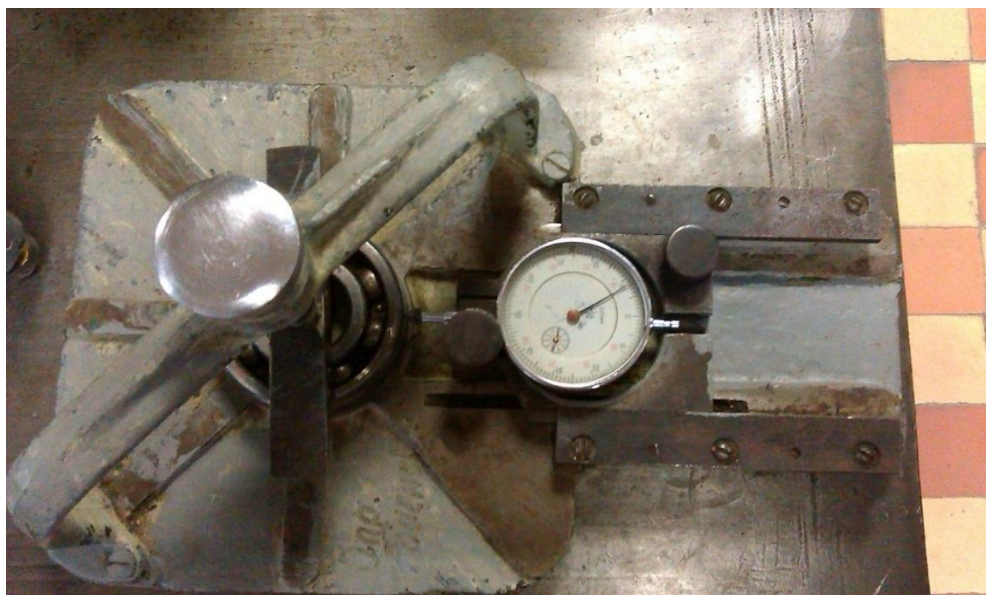


Рис. 3.3. Вимірювання радіального зазору підшипника кочення при дефектації Кільця вважають придатними, якщо дійсні діаметри за середнім значенням радують технічним вимогам по розміру, що допускається (відхиленню),

$$d = \frac{1}{m} \sum d_{ij} \quad (3.2)$$

де d_{ij} - діаметри кільця, виміряні в площинах (S_1 і S_2) і перетинах (1 – 1, 2 – 2)

Радіальний зазор G_p у підшипниках при дефектації контролюють звичайно простими пристосуваннями, рис. 3.1, 3.2, з індикатором годинного типу ИЧ-10 ГОСТ 557-98, тому що допуск на радіальний зазор св. 50 мкм, що цілком задовольняє умовам вибору засобів вимірів.

У пристосуваннях для контролю радіального зазору внутрішнє кільце (іноді зовнішнє) нерухомо затискають конусом (або іншим пристосуванням), індикатор підводять до верхньої крапки зовнішнього (рухливого) кільця й задають йому настановний «натяг» 1 мм. У такому положенні зазор між зовнішнім кільцем - кульками - внутрішнім кільцем у верхній частині підшипника вибраний повністю за рахунок сили ваги mg , що діє на рухливе кільце [19].

Далі на рухливе кільце в нижній крапці слід надавити пальцем або підвести упор із зусиллям 5...10 Н (0,5...1 кгс). Під цим зусиллям радіальний зазор у

нижній частині підшипника буде обраний і рухливе кільце переміститься нагору (зусилля повинне вистачати на повне переміщення кільця, але треба намагатися, щоб не виникло пружних деформацій у доріжках кочення кілець і кульках). Різниця в показаннях індикатора до й після переміщення рухливого кільця є радіальний зазор у підшипнику. Виміри слід повторити три рази, повернувши рухливе кільце на 120° , рис. 3.2, тому що можливе нерівномірне зношування місцево-навантаженого кільця.

Підшипник вважають придатним за умови:

$$G_{\text{ср}} = \frac{(G_1 + G_2 + G_3)}{3} \leq G_{\text{доп}} \quad (3.3)$$

де $G_{\text{ср}}$ - середній обмірюваний радіальний зазор, мм;

G_1, G_2, G_3 - радіальні зазори, обмірювані в першому, другому й третьому положеннях підшипника, мм;

$G_{\text{доп}}$ - допустимий радіальний зазор, мм.

У роликівих радіально - упорних підшипників у процесі роботи відбувається зношування доріжок кочення й роликів, що впливає на монтажну висоту підшипників, рис. 3.3. Тому даний тип підшипників дефектують не по радіальному зазору, а по монтажній висоті H . Підшипник бракується відразу, якщо виявлене виступання роликів за крапки A та B .

Виміру монтажної висоти проводять за допомогою індикатора ИЧ-10 ГОСТ 577-98, закріпленому в стійці С-II (розмір стола 125x125 мм) при зовнішньому діаметрі підшипника не більш 130 мм, або на перевірочній плиті за допомогою універсального штатива.



Рис. 3.3. Вимірювання осьового зазору підшипника

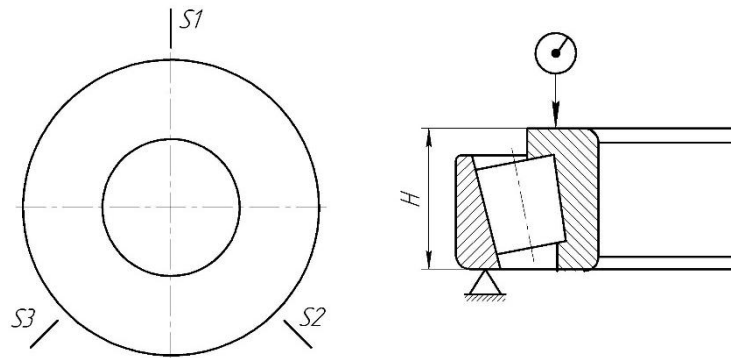


Рис. 3.4. Вимірювання осьового зазору підшипника

Монтажну висоту даного типу підшипників визначають за умови наявності контакту доріжок кочення внутрішнього й зовнішнього кілець і упорного бортика широкого торця внутрішнього кільця з усіма роликками. Набудовують прилад за допомогою кінцевих заходів на номінальний розмір H_n із настановним «натягом» не менш:

$$Y \geq H_n - H_{дон} = E_{рдон} \quad (3.4)$$

де $H_{дон}$ - припустима монтажна висота підшипника, мм;

$E_{рдон}$ - припустиме відхилення монтажної висоти, мм.

Виміри проводять три рази, повернувши внутрішнє (зовнішнє) кільце по черзі на 120, рис. 3.3.

У результаті вимірів одержують дійсні відхилення від номінальної мон-

тажної висоти H_n .

Підшипник вважають придатним, якщо

$$E_{рсп} = \frac{(E_{р1} + E_{р2} + E_{р3})}{3} \leq E_{рдоп} \quad (3.5)$$

де $E_{рсп}$ - середнє виміряне відхилення монтажної висоти підшипника, мм;

$E_{р1}, E_{р2}, E_{р3}$ - відхилення монтажної висоти підшипника, виміряної в трьох положеннях, мм.

3.2. Лабораторна установка для досліджень

Експериментальні лабораторні дослідження виконувались на стенді ДМ-28 (рис. 3.5). Для адаптації стенду до наших потреб його було модернізовано.

Опис установки приведено в [5].

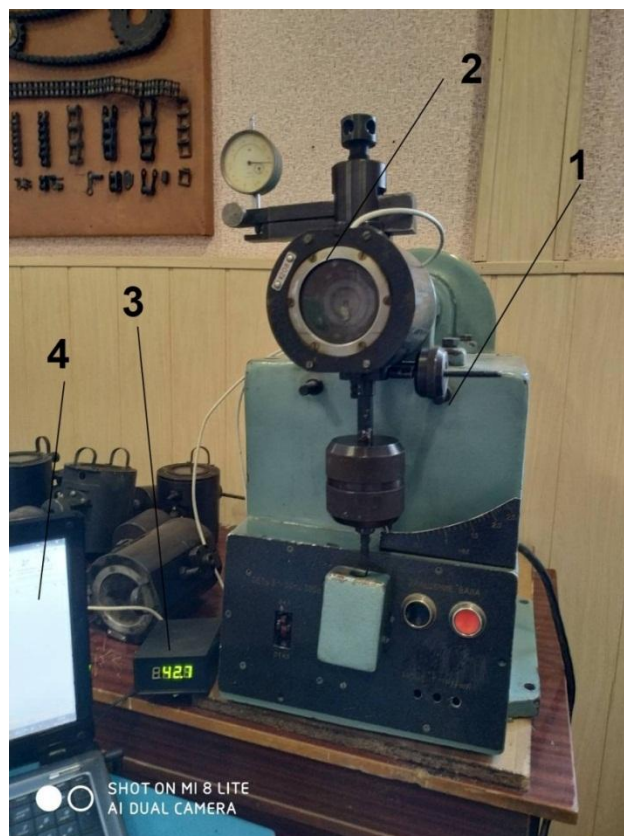


Рис. 3.5 Установка ДМ-28

1 - стенд ДМ-28, 2 – навантажувальний механізм, 3 – пристрій для контролю температури, 4 – ноутбук

3.3. Підготовка до випробування зразків

Підготовка до випробування підшипників кочення містила в собі наступні етапи (рис. 3.7):

Етап 1. Підшипники кочення, призначені для випробувань ретельно очищалися від консерваційного змащення, промивалися в бензині й висушувалися в потоці теплого повітря.

Етап 2. Потім проводився контроль якості підшипників кочення по радіальному зазору на приладі КИ – 1223 пункт 3.1. Для випробувань відбиралися підшипники кочення в яких радіальний зазор не перевищував 0,01 мм.

Етап 3. Відібрані для випробування підшипники кочення знову промивалися в бензині й висушувалися в потоці теплого повітря.

Етап 4. Змащення закладалося в кожний підшипник у кількості $1A$ від вільного обсягу підшипника (U), певного по формулі:

$$U = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)B - \frac{G}{\gamma}, \quad (3.6)$$

де D - зовнішній діаметр підшипника кочення, див;

d - внутрішній діаметр підшипника кочення, див;

B - ширина підшипника кочення, див;

G - маса підшипника кочення, г.;

γ - питома вага матеріалу підшипника кочення, г/см²;

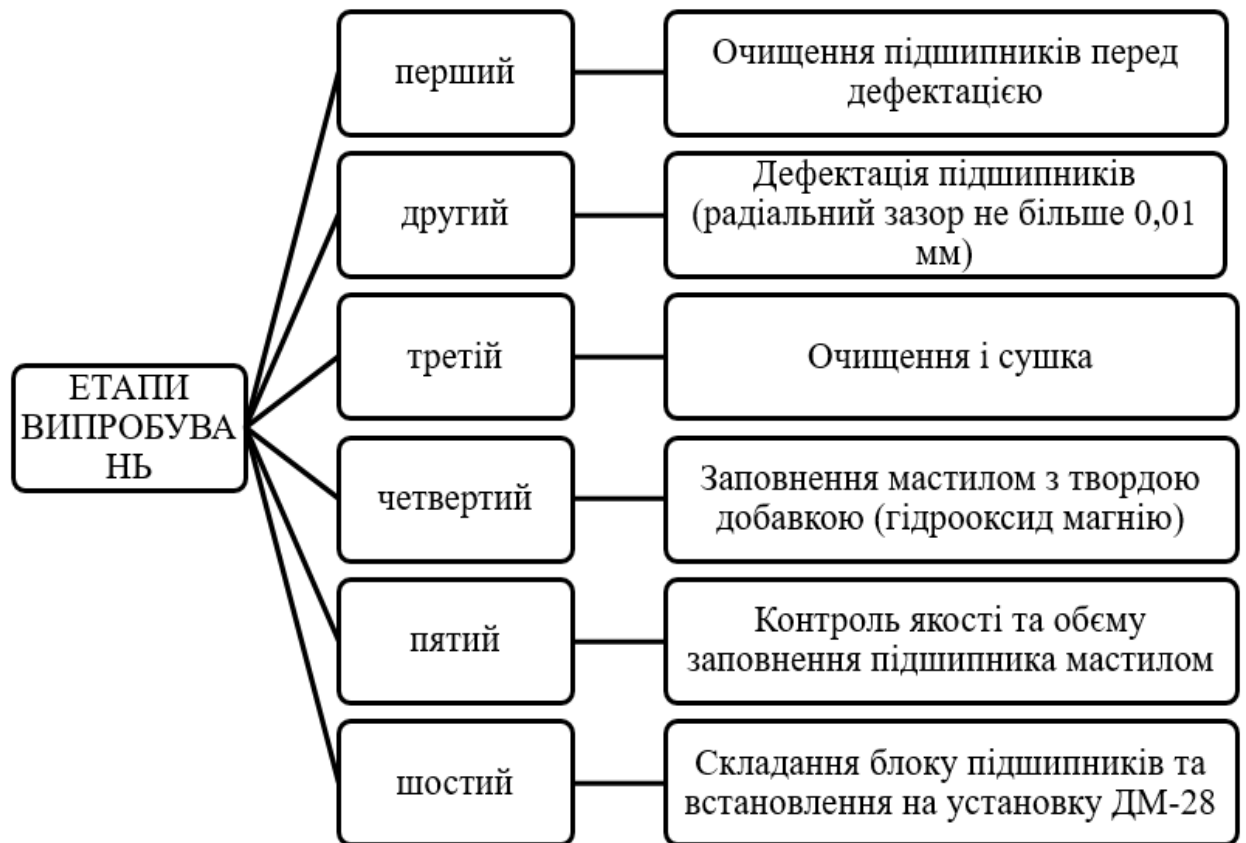


Рис. 3.7. Етапи підготовки зразків до випробування

Етап 5. Мащення в підшипник кочення закладали спочатку з одного боку, до її появи через зазори між тілами кочення на протилежній стороні (рис. 3.8). Потім з іншої сторони підшипника закладався її залишок. При цьому змащення повинно була заповнити підшипник без порожнеч, рівномірно по всьому об'єму підшипника й щодо площини симетрії.

Етап 6. Підготовлені до випробувань підшипники кочення напресовувались на вісь по посадці Hr (поле допуску вала кб по СТ СЭВ 144 - 75) і додатково підтискалися гайками. Зібраний вузол вставлявся в корпус іспитового стенда й закріплювався кришкою. При цьому заводське клеймо на зовнішніх кільцях підшипників установлювалося в зоні дії радіального навантаження.

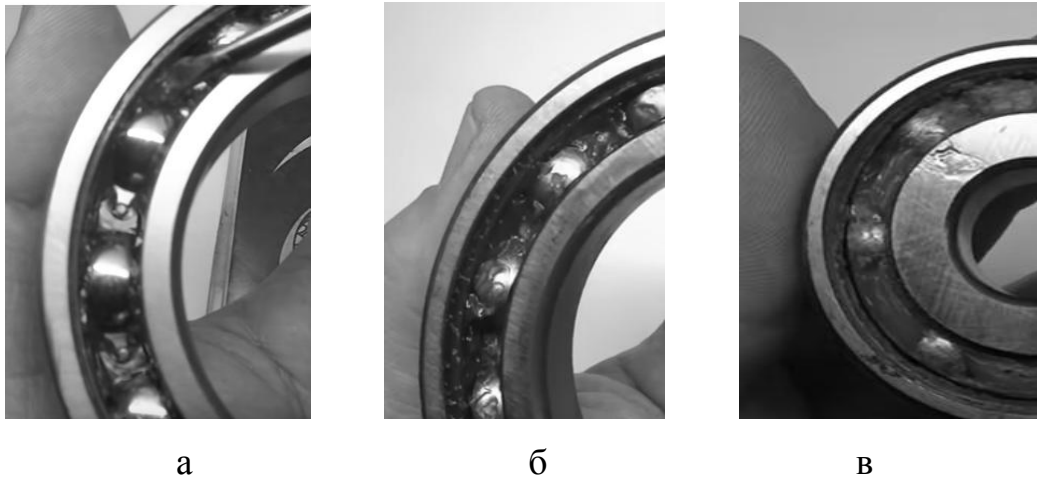


Рис. 3.8. Заповнення підшипників змазкою Літол 24+ТМК
 а – 1/3 об'єму, б – 2/3 об'єму, в – повністю заповнений

При проведенні порівняльних випробувань, навантаження підшипникового вузла робили плавно, після запуску стенда. На протязі проведення випробування проводився контроль температури підшипникового вузла й вібрації. Робоча температура не повинна була перевищувати 90 °С при вимірі на зовнішньому кільці підшипника.

Випробування припиняли при прояві наступних ознак руйнування підшипників кочення:

- істотне збільшення вібрації й шуму тривалістю більше 5 хвилин;
- підвищення температури вище припустимої;
- заклинювання підшипника після періоду відпочинку.

Після припинення випробування вузол розбирався й виявлявся підшипник, що руйнувався. Після цього він спресовувався з вала, промивався в бензині й висушувався в потоці теплого повітря. Після чого проводилося зважування й ретельний огляд його на наявність дефектів. Після випробування також проводилася оцінка стану змащення по наступних величинах:

- наявність мащення і її кількість у підшипниках після випробування;
- зміна зовнішнього вигляду мащення (ущільнення або розрідження мащення, виділення вільного масла, зміна кольору).

Мащення вважалося, що витримало випробування, якщо воно забезпечувало нормальну роботу підшипника кочення, і руйнування його відбувалося

через втомний характер, бо старіння мастила основна причина виходу його з ладу як і більшості матеріалів [34].

3.4. Методика проведення ресурсних випробувань підшипників кочення

З метою визначення фактичного ресурсу підшипників кочення при роботі на пластичному змащенні з добавкою ТМК були проведені стендові випробування.

У якості об'єкта дослідження був обраний радіальний однорядний шарикопідшипник № 202. Цей тип підшипників відноситься до найпоширеніших у сучасній автотракторній і сільськогосподарській техніці.

На основі аналізу конструкцій іспитових машин, був модернізований існуючий стенд ДМ-28 для випробування радіальних підшипників кочення. На рис. 3.6 представлена його принципова схема.

Для підтримки необхідного температурного режиму підшипників кочення, що працюють на пластичному мащенні, була виготовлена спеціальна система охолодження, що представляє собою охолоджувач, у порожнинах якого циркулює охолоджуюча рідина. Регулюванням її потоку й температури можна підтримувати необхідну температуру в іспитовій головці.

При розробці методики випробувань були використані загальні положення, прийняті в підшипниковій промисловості при випробуванні підшипників кочення й робочих мащень. Основному випробуванню передувало припрацювання підшипників кочення протягом 25 хвилин при навантаженні 200 Н на один підшипник, після чого вузол проохолоджувався на повітрі протягом 30 хвилин.

Основне випробування проводили за наступною схемою: дванадцять підшипників кочення № 202 випробовувалися партіями по чотири штуки до виходу з ладу підшипників через втомний характер. Підшипники кочення, що вийшли з ладу через не втомний характер виключали з оцінки результатів. Одно-

часно у випробуванні брало участь два змащення - еталонна (Літол-24) і експериментальна (Літол-24 з добавкою ТМК).

3.5. Дослідження основних характеристик пластичних мащень з добавкою ТМК

Для оцінки основних характеристик пластичних мащень із добавкою ТМК були проведені лабораторні дослідження, результати яких представлено в таблиці 3.1.

Проведені дослідження не виявили істотної зміни характеристик пластичних мащень після введенні в них добавки ТМК, усі показання суворо відповідають стандарту.

Таблиця 3.1 - Результати дослідження основних характеристик пластичних мащень Літол-24 і Літол-24 з добавкою ТМК

№	Показник	Значення показників		
		Мащення		По ТУ-21150-87 для мащення Літол-24
		Літол-24	Літол-24 з до- бавкою ТМК	
1	Зовнішній вигляд	Однорідна мазь світложовтого кольору	При змішуванні з добавкою ТМК, змащення здобуває сірий відтінок	Однорідна мазь від світложовтого до коричневого кольору
2	Температура крапельадіння, °С	198,3	197,7	Не менш 180
3	Пенетрація при 20°С з перемішуванням	238	236	220-250

4	Межа міцності на зрушення при 20 °С,	844	880	500-1000
5	Колоїдна стабільність, % виділеного масла	9,8	9,3	Не більш 12

3.6. Дослідження мастильних властивостей пластичних мащень, модифікованих добавкою ТМК

При дослідженні антифрикційних властивостей пластичних мащень із добавкою ТМК оцінювалася зміна моменту тертя від навантаження. Результати випробувань представлено на рис. 3.9.

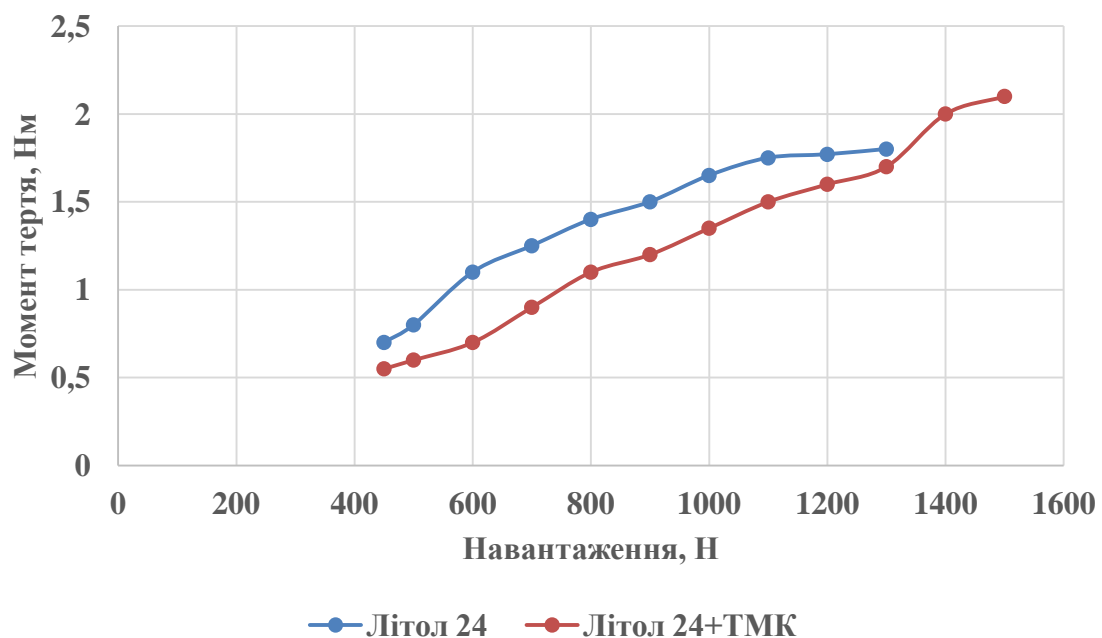


Рис. 3.9. Залежність моменту тертя від навантаження

Проведені дослідження свідчать про високу ефективність добавки ТМК. Її застосування дозволяє знизити момент тертя у вузлі тертя катання в середньому на 20 - 25 % і підвищити навантаження заїдання в 1, 2 рази.

При дослідженні протизадирних властивостей пластичних мащень оцінювався час роботи вузла тертя кочення до задира. Результати протизадирних випробувань пластичних мащень представлено на рис. 3.10, 3.11.

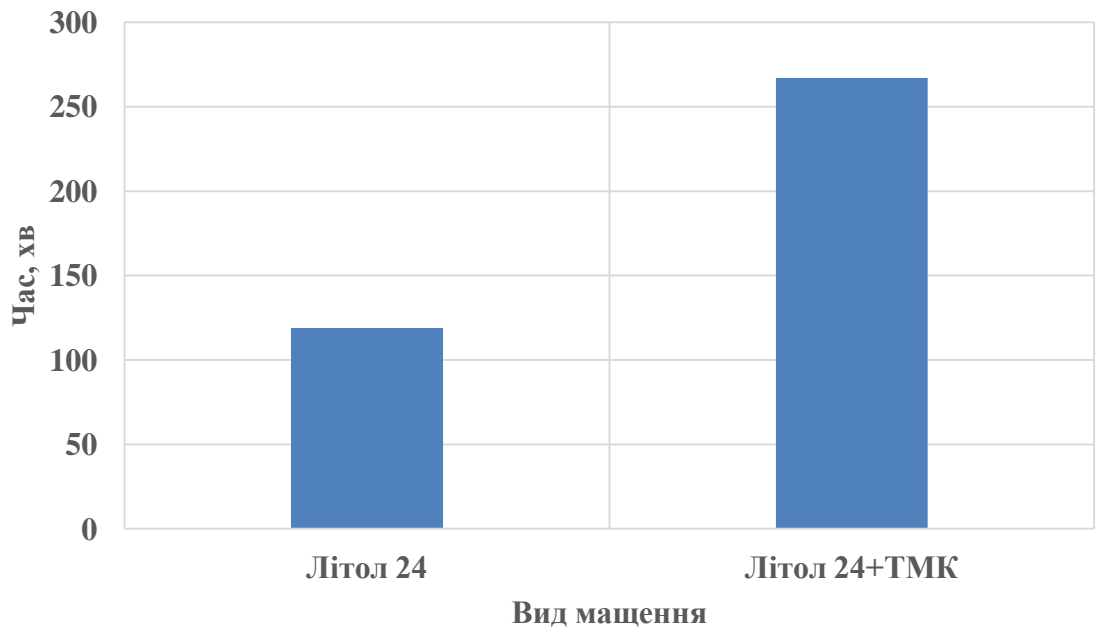


Рис. 3.10. Час роботи вузла тертя до задиру поверхні

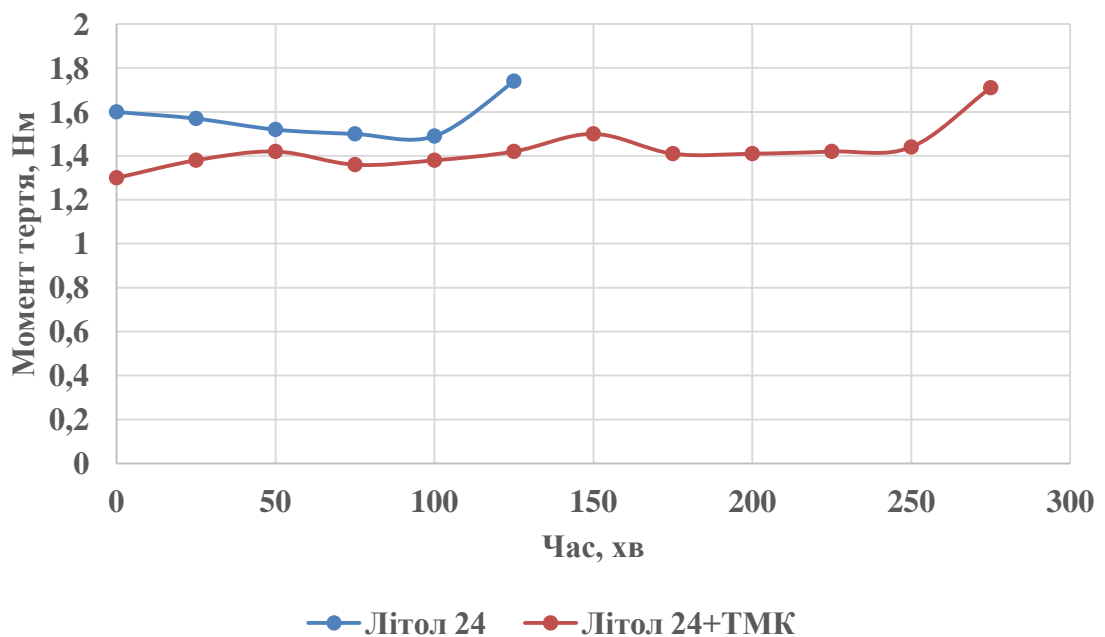


Рис. 3.11. Зміна моменту тертя під час випробування вузла тертя до задиру робочих поверхонь

Застосування добавки ТМК дозволяє збільшити час роботи зразків тертя до задиру на мащеннях Літол-24 +ТМК, в 2,2 - 2,5 раз.

Результати випробувань і розрахунків, представлено в таблиці 21 і на рис. 3.12.

Таблиця 3.12. Результати ресурсних випробувань підшипників кочення

№	Показник	Змащення	
		Літол-24	Літол-24 +ТМК
1	Обсяг вибірки, шт.	12	12
2	Мінімальне значення довговічності підшипника кочення, цикл. 10^6	3,0	5,1
3	Максимальне значення довговічності підшипника кочення, цикл. 10^6	10,8	12,7
4	Середній ресурс підшипників кочення, цикл. 10^6	5,4	9,1
5	Середнє квадратичне відхилення ресурсу, цикл. 10^6	2,6	2,3
6	Ресурс 90 %, цикл. 10^6	3,2	6,1
7	Відносний 90 % ресурс	1,0	1,9

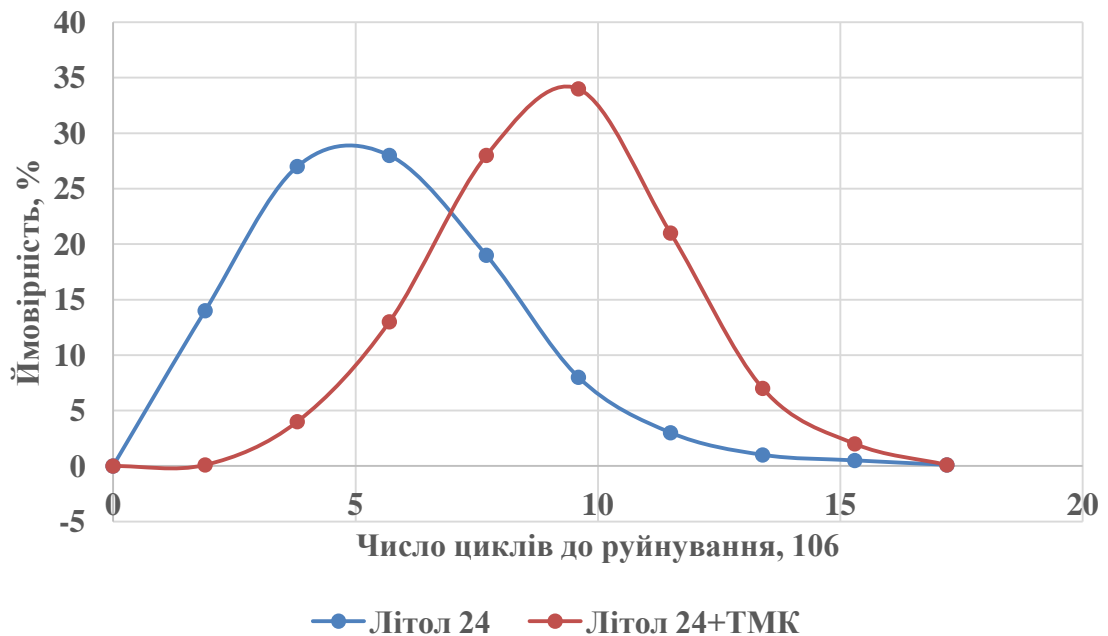


Рис. 3.12. Розподіл довговічності підшипників кочення при різних змащеннях

Таким чином, результати стендових випробувань підтвердили зроблені раніше висновки у розділі 2 про ефективність добавки ТМК. Її застосування дозволило збільшити ресурс підшипників кочення № 202 в 1, 9 рази.

3.7. Рекомендації із застосування добавки ТМК із пластичними мащеннями в підшипниках кочення

Рекомендації із застосування добавки ТМК розроблені з урахуванням пунктів 3.5, 3.6 і ґрунтуються на правильному виборі концентрації добавки й режимів приробітки підшипника кочення оброблюваного даним складом.

Якщо добавка використовується як окремий компонент, необхідно:

- просіяти склад через сито з діаметром отворів не більш 0,1 мм;
- рівномірно перемішати добавку в кількості 1,8-2,1 % по масі із пластичним змащенням. Менше значення концентрації добавки ТМК рекомендується для нових підшипників кочення, більше - для частково зношених (допускається деяке збільшення радіального зазору).

Режими припрацювання підшипника кочення з добавкою ТМК:

- очистити підшипник від консерваційного або старого мащення;
- заповнити підшипник підготовленим мастильним матеріалом у кількості 1/2 - 2/3 від вільного об'єму підшипника;
- оброблюваний вузол навантажувати плавно, не допускаючи вплив високих навантажень протягом 20 - 25 хвилин.
- після припрацювання повинен бути період відпочинку не менш 30 хвилин.

3.8. Висновок

Проведені дослідження свідчать про високу ефективність добавки ТМК. Її застосування дозволяє знизити момент тертя у вузлі тертя катання в середньому на 20 - 25 % і підвищити навантаження заїдання в 1, 2 рази.

Застосування добавки ТМК дозволяє збільшити час роботи зразків тертя до задиру на мащеннях Літол-24 +ТМК, в 2,2 - 2,5 раз.

Результати стендових випробувань підтвердили зроблені раніше висновки у розділі 2 про ефективність добавки ТМК. Її застосування дозволило збільшити ресурс підшипників кочення № 202 в 1,9 рази.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ

4.1. Загальні відомості про охорону праці на підприємстві ПП "Ключко О.П."

Так як експериментальні дослідження проводились на базі ПП "Ключко О.П.", розглянемо дане підприємство як базове. Відповідальність за стан охорони праці на підприємстві покладено на власника підприємства ПП "Ключко О.П.". Всі практичні заходи з питань охорони праці здійснюються згідно чинного законодавства закону України "Про охорону праці" [35].

Згідно НПАОП 0.00-6.03-93 "Порядку опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві" [36] власником розроблено та затверджено такі положення:

- положення про систему управління охороною праці;
- положення про організацію і проведення первинного та повторного інструктажів Положення про службу охорони праці
- положення про порядок забезпечення працівників підприємства спецодягом та засобами індивідуального захисту (базується на ст. 8 Закону України "Про охорону праці" та ст. 163 КЗпПУ [37];
- інструкції з охорони праці;
- інструкції про заходи пожежної безпеки.

Розробкою інструкцій по безпечній роботі та ведення документації з охорони праці займається спеціаліст з охорони праці який залучається власником товариства з Дніпровської політехніки на договірних умовах, на час проведення інструктажів, проходження перевірок та здачі звітної документації.

На час відсутності спеціаліста на підприємстві, охороною праці та її безпекою займається заступник директора з розвитку виробництва.

Він розробляє заходи з покращення умов праці, проводить інспектування обладнання станції технічного обслуговування та насосного сервісного центру . Проводить інструктажі (на робочому місці, повторний, цільовий). Всі інші інструктажі (вступний, позаплановий) проводить позаштатний спеціаліст з охо-

рони праці.

Для робітників організовано проходження медичної комісії, особливо для водіїв та зварювальників, так як вони працюють в шкідливих умовах і можуть захворіти [38].

Нажаль на підприємстві відсутня спеціальна кімната з охорони праці, всі заходи пов'язані з охороною праці проводяться або в приміщенні офісу або в кабінеті заступника директора.

4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на ділянці з діагностування та технічного обслуговування

Умови праці на підприємстві визначаються сукупністю факторів виробничого середовища, що виявляють вплив на здоров'я й працездатність людину в процесі праці. Ці фактори різні по своїй природі, формах прояву, характеру дії на людину. Серед них особливу групу представляють небезпечні й шкідливі виробничі фактори. Їхнє знання дозволяє попередити виробничий травматизм і захворювання, створити більш сприятливі умови праці, забезпечивши тим самим його безпека.

Відповідно до [39] небезпечні й шкідливі виробничі фактори на підприємстві підрозділяються по своїй дії на організм людини на наступні групи:

- хімічні;
- фізичні;
- психофізіологічні;
- біологічні.

При діагностиці й ремонті автомобілів виникають наступні небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- автомобілі, що рухаються;
- незахищені рухомі елементи виробничого встаткування;
- підвищена загазованість приміщень газами;
- небезпека ураження електричним струмом при роботі з електроінструментом і ін.

Діагност, що працює ремонтній зоні, зазнає комбінованому впливу декількох небезпечних факторів. Протягом робочого дня він працює або у верстата при обробці окремих деталей автомобіля, або на якимось слюсарно-механічному встаткуванні.

Нижче наведені основні роботи, виконувані діагностом, і зазначені основні небезпечні фактори, що виникають при виконанні цих робіт таблиця 4.1:

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі фактори на дільниці діагностування та ТО

№	Вид робіт	Небезпечний фактор
1	Кріпильні роботи	висока температура деяких деталей двигуна;
		заржавілі болти, що прикипіли гайки;
		розташування кріплення у важкодоступних місцях;
2	Мастильні роботи	висока температура масла, що заливається та що зливається, а також промивного;
		несправні дозуючі елементи змащувального встаткування, що замикають елементи систем мащення агрегатів автомобіля.
3	Регулювальні роботи	підвищена загазованість повітря робочої зони через те, що великий обсяг цих робіт проводиться при працюючому двигуні;
		підвищений рівень шуму на робочому місці;
		підвищений рівень вібрації;
		незахищені рухомі деталі двигуна (повітряний вентилятор з електричним або механічним приводом, причому електровентилятор небезпечніше, тому що невідомий момент його включення).
4	Електротехнічні роботи	контакти з небезпечними речовинами (кислоти, луги, гази);
		можливість утворення гримучого газу при зарядці акумуляторних батарей;

		значна маса АКБ;
		можливість розбризкування крапель кислоти при порушенні правил готування електроліту.
5	Слюсарні роботи	частини верстатів, що рухаються;
		рухомий ріжучий інструмент;
		стружка, що утворюється при обробці, пил;
		підвищений рівень шуму на робочому місці;
		підвищений рівень вібрації при роботі з електро- і пневмо інструментом.

При роботі діагноста на різних операціях існує небезпека ураження електричним струмом внаслідок несправності встаткування, що використовує напругу до 220 В. При пробі ізоляції напруга може з'явитися в неструмоведучих частинах і призвести до враження електричним струмом, який виявляє на людину небезпечний і шкідливий вплив, що проявляється у вигляді електротравм, електроударів і наступних захворювань.

Роботи на ділянці пов'язані з виділенням пилу. Виділення пилу пов'язане з підготовкою автомобіля до ремонту й безпосереднім проведенням ремонту, тобто зняття перешкоджаючих для обробки деталей; чищення, продувка порожнин і іншими технічними процесами.

Пил виявляє шкідливу дію головним чином на дихальні шляхи, викликаючи захворювання їх верхніх шляхів і легенів. Пил, накопичуючись у легенях і лімфатичних вузлах, приводить до їхнього ураження. Проникаючи глибоко в дихальні шляхи, він може привести до розвитку патологічного процесу заміщення легеневої тканини сполучною тканиною. Крім цього, вдихання пилу може бути причиною підвищеної захворюваності запаленням легенів.

Пил виявляє дратівну дію на шкіру. Проникаючи в отвори сальних і потових залоз, пилові частки викликають їхню закупорку, порушують нормальну діяльність шкіри, що призводить до зниження її опірності й проникненню мікробів.

4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів

Основні заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів це нормалізація умов праці, а саме:

- удосконалювання технологічних процесів проведення технічних обслуговувань та діагностування з метою зменшення шкідливих викидів, шуму, вібрації та інше;
- модернізація або заміна устаткування, що не задовольняє сучасним вимогам безпеки праці й санітарно-гігієнічних нормативів;
- оснащення приміщень, устаткування й робочих місць необхідними засобами захисту (вентиляцією, приладами висвітлення, огороженнями й ін.);
- проведення ремонтних і профілактичних робіт на тих засобах, які є в організації, але не виконують частково або повною мірою своїх захисних функцій.
- огороження небезпечних зон з метою створення фізичної перешкоди, що запобігає наближенню людини до джерела небезпеки, що усуває можливість захвату одягу або частин тіла елементами, що рухаються, устаткування, опіку від нагрітих поверхонь і т.п.;

На ділянці ТО і діагностування автомобілів необхідно розвісити плакати з безпечної роботи при виконанні певних робіт.

4.4. Правила безпечного виконання робіт при діагностуванні та обслуговуванні двигуна

Технічний стан автомобіля і його агрегатів слід перевіряти в основному при непрацюючому двигуні й загальмованих колесах, за винятком випробування гальм, перевірки роботи систем живлення й запалювання.

При огляді допускається користуватися переносною лампою із запобіжною сіткою на напругу не вище 42 В. Якщо робота проводиться в оглядовій канаві, то переносна лампа повинна бути напругою не вище 12 В.

Пуск двигуна здійснюється, як правило, за допомогою електростартера.

Перед пуском вручну перевіряють міцність кріплення штифта пускової рукоятки. Щоб уникнути ушкодження кисті руки від зворотного удару рукоятку беруть так, щоб усі пальці правої руки розташовувалися з однієї сторони ручки. Повертають колінчатий вал двигуна тільки знизу нагору. Проворачування вниз і «вкругову» не допускається.

На постах діагностування встаткування й прилади встановлюють так, щоб оператор міг легко спостерігати зі свого робочого місця за всіма автомобілями, що перебувають на постах. Робоче місце оператора повинно бути обладнане обертовим регульованим по висоті стільцем.

Діагностичні й інші пости, де автомобіль установлюється із працюючим двигуном, повинні бути обладнані ефективними місцевими відсосами для видалення відпрацьованих газів. Технологічний процес по перевірці автомобільних двигунів на токсичність і димність повинен відповідати загальним вимогам безпеки праці відповідно до діючих нормативних документів.

При роботі з газоаналізаторами й димомірами інспектори керуються спеціальними правилами техніки безпеки, які передбачені інструкціями для експлуатації цих приладів. Забороняється робити технічне обслуговування приладу без відключення його від мережі.

Усі перевірки проводяться тільки на нерухомо стоячому транспортному засобі. Для цього необхідно провести підготовчі операції, що виключають мимовільний рух транспорту: установити автомобіль, поставити важіль перемикачів передач (виборець швидкості для автомобілів з автоматичною коробкою передач) у нейтральне положення, загальмувати автомобіль стояночним гальмом, підкласти упори (башмаки) під колеса привідних мостів.

Перед підключенням приладів виміру токсичності й димності до випускної системи автомобіля перевіряється справність системи випуску відпрацьованих газів, зовнішнім оглядом. Система не повинна мати дефектів, що приводять до витоків відпрацьованих газів, або підсмоктуванню повітря.

Якщо контроль на токсичність і димність здійснюється в закритих приміщеннях, вони повинні бути обладнані примусовою або природньою вентиляцією. Гранично припустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої

зони не повинні перевищувати встановлених норм за ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень” [40].

У випадку відсутності робочого місця (поста) проведення вимірів вибір місця для цих цілей повинен виключити можливість випадкового наїзду автомобілів на осіб, що проводять виміри. Водіїв, що перевіряються автомобілів слід попередити про від'їзд із місця перевірки (або під'їзді до нього) тільки по сигналу інспектора, що проводить виміри.

Черговий автомобіль повинен зупинятися для проведення вимірів не ближче 2 м від автомобіля, що перебуває на перевірці. Швидкість руху автомобіля на під'їзних коліях не повинна перевищувати 10 км/год, а в приміщеннях, на вузьких проїздах, у безпосередній близькості від місця вимірів — 5 км/ч.

Працівникам, що проводять виміри, категорично забороняється здійснювати запуск двигуна й керувати транспортним засобом.

4.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації

1. Не панікувати й не піддаватися паніці. Закликати навколишніх до спокою. Паніка в будь-якій надзвичайній ситуації викликає неусвідомлені дії, що призводять до важких наслідків, ускладнює дії рятувальників, пожежних, медпрацівників і інших фахівців.

2. По можливості негайно телефонуєте «101» (телефон рятувальників і пожежних) або "112" (єдиний номер виклику екстрених служб). При своєму повідомленні зберігайте спокій, витримку. Намагайтеся говорити коротко й зрозуміло. У повідомленні необхідно сказати: що трапилося; місце, де це відбулося (адреса, орієнтири); якщо Ви виявилися очевидцем і Вам нічого не загрожує, постарайтеся залишатися на місці до приїзду рятувальників, пожежних, співробітників поліції.

3. Якщо Ви постраждали або одержали травми, виявилися поблизу потерпілого, надайте першу медичну допомогу. Своєчасне надання першої медичної допомоги дозволить запобігти або знизити важкі наслідки.

4. Включіть радіо, телевізор, прослухайте інформацію, передану через

вуличні гучномовці й гучномовні пристрої. У мовному повідомленні до Вас доведуть, що відбулося, основні рекомендації й правила поведінки.

5. Виконуйте рекомендації фахівців (рятувальників і пожежних, співробітників поліції, медичних працівників). Це допоможе вчасно надати допомогу потерпілим, знизити або запобігти наслідкам (вплив небезпечних факторів).

6. Не створюйте умов, що перешкоджають дії, рятувальників, пожежних, медичних працівників, співробітників поліції, співробітників суспільного транспорту. Пропустіть автотранспорт, що рухається зі спеціальними сигналами й спеціальним розфарбуванням.

4.6. Висновок

Аналіз стану охорони праці на підприємстві показав слабкі місця в роботі служби. Також нами наведено рекомендації, щодо усунення недоліків в роботі служби охорони праці та при проведенні діагностичних робіт та робіт з технічного обслуговування.

5. РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ДОБАВКИ ТМК

Техніко-економічний ефект від застосування пари тертя з добавкою ТМК (гідросилікату магнію) складається з наступного:

1. Можливості забезпечення роботи підшипника при більш високих питомих тисках;
2. Забезпечення високих антифрикційних характеристик вузла, що працює з низьким і стабільним коефіцієнтом тертя;
3. Надійної роботи вузла протягом більш тривалого часу, у результаті формування захисної плівки, що усуває безпосередній контакт поверхонь, що сполучаються.

Економічний ефект (Е) від застосування добавки ТМК можна визначити по формулі [41]:

$$E = Z_1 - Z_2 = N_1 (V_{M1} + V_{роб} + V_{пк}) - N_2 (V_{M2} + V_{роб} + V_{пк}), \quad (5.1)$$

де Z_1, Z_2 - витрати на обслуговування підшипникових вузлів, що маються звичайним пластичним мащенням та мащенням з добавкою ТМК, відповідно, грн.;

N_1, N_2 - кількість підшипників, що вийшли з ладу рік у випадку застосування звичайного пластичного мащення й змащення з добавкою ТМК, відповідно, шт.;

V_{M1} - вартість мащення без добавки для одного підшипника, грн.;

V_{M2} - вартість мащення з добавкою ТМК для одного підшипника, грн.;

$V_{роб}$ - вартість робіт з обслуговування підшипникового вузла, грн.;

$V_{пк}$ - вартість підшипника кочення, грн.

У таблиці 5.1. представлені розрахунки економічного ефекту від використання пластичного мащення Літол-24 з добавкою ТМК у підшипниках кочення за усередненими показниками, виконаний по формулі (5.1).

Таблиця 5.1. Розрахунки економічного ефекту від використання пластичного мащення Літол-24 з добавкою ТМК у підшипниках кочення за усередненими показниками

№	Показник	Значення показника при мащенні	
		Літол-24	Літол-24 + ТМК
1	Кількість підшипників N, шт.	100	53
2	Вартість підшипника $V_{пк}$, грн. (19 – 75)	50	50
3	Вартість мащення V_m , грн	1,1	2,4
4	Вартість робіт з обслуговування підшипникового вузла $V_{роб}$, грн.;	25	25
5	Загальні витрати, грн	7610	4102
6	Економічний ефект, E	-	3508

Висновок. Економічний ефект від впровадження у виробництво мащення Літол – 24+ТМК складає 3508 грн., так як підвищується ресурс підшипника в 1,9 рази.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Надійність підшипників кочення впливає та роботу механізмів і є найважливішим чинником, що визначають технічний рівень агрегатів і машин. Поняття про надійність підшипників можна трактувати як задоволення ними експлуатаційних вимог протягом усього терміну служби за умови дотримання всього комплексу вимог, що забезпечують роботу підшипника в даному вузлі.

Довговічність підшипника визначається факторами, які можна розділити на три групи.

При застосуванні нових мастильних матеріалів і технологічних методів підвищення терміну служби деталей важливе прогнозування їх ресурсу. Правильно розрахований термін служби дозволить спланувати регламентні роботи, необхідну кількість запасних частин і робітників, зайнятих технічним обслуговуванням і ремонтом техніки.

Довговічність кулькових і роликових підшипників автотракторної й сільськогосподарської техніки може бути збільшено на 27,7 %, за рахунок застосування добавок, що створюють у комбінації з мастильним матеріалом на тертьових поверхнях захисне покриття.

Застосування добавок дозволяє знизити шорсткість поверхонь тертя й залікувати дрібні ушкодження, що утворюються після механічної обробки деталей, а також збільшити навантаження заїдання.

Теоретично обґрунтована можливість підвищення довговічності підшипників кочення за допомогою добавок до пластичних мащень.

Виявлена можливість поліпшувати мастильні властивості пластичних мащень за допомогою добавки ТМК (у вигляді гідросилікату магнію). Оптимальна концентрація добавки ТМК у пластичних змащеннях становить 1,8-2,1 %.

Оптимальний режим припрацювання вузла тертя - кочення, що працює на пластичному мащенні з добавкою ТМК, є: навантаження припрацювання 40-60 % від номінальної, час припрацювання 20-25 хвилин, час фіксації нанесеного покриття не менш 30 хвилин або до повного остигання вузла тертя.

Проведені дослідження свідчать про високу ефективність добавки ТМК.

Її застосування дозволяє знизити момент тертя у вузлі тертя катання в середньому на 20 - 25 % і підвищити навантаження заїдання в 1, 2 рази.

Застосування добавки ТМК дозволяє збільшити час роботи зразків тертя до задиру на мащеннях Літол-24 +ТМК, в 2,2 - 2,5 раз.

Результати стендових випробувань підтвердили зроблені раніше висновки у розділі 2 про ефективність добавки ТМК. Її застосування дозволило збільшити ресурс підшипників кочення № 202 в 1, 9 рази.

Розроблені рекомендації із застосування добавки ТМК у підшипниках кочення.

Проаналізовано та усунено недоліки в роботі служби охорони праці.

Економічний ефект від впровадження у виробництво мащення Літол – 24+ТМК складає 3508 грн., так як підвищується ресурс підшипника в 1,9 рази.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Войтюк Д.Г. Моніторинг комбайнового ринку України (Частина I)/ Войтюк Д.Г., Надточій О.В. , Войтюк В.Д., Демко А.А., Демко О.А. // Науковий вісник НУБіП України, 144 (4). – С 58-69.
2. Діденко М. М. Вплив розмірно-точносних характеристик посадок підшипників кочення на їх довговічність / М. М. Діденко, Є. В. Калганков. // Zbiór artykułów naukowych Sp. z o.o. «Diamond trading tour». – 2017. – С. 38–43.
3. Дирда В.И. Детали машин [Підручник] / за редакцією Дирди В.И.- .: Дніпропетровськ-Герда, 2011. - 338 с.
4. Иванчук, А. В. Детали машин: навч. посібник [для студ. вищ. пед. навч. закл.] / Анатолий Васильович Иванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.
5. Овчаренко Ю.М. Детали машин: практикум / Овчаренко Ю.М. – Дніпропетровськ, 2003. – 68 с.
6. Трение, изнашивание и смазка: Справочник / Под ред. И. В. Крагельского, В. В. Алисина. М.: Машиностроение, Т. I. 1979. – 565 с.
7. Васильев Ю. Н. Природа смазочной способности графита / Ю. Н. Васильев // Трение и износ. 1983 (4), № 3. С. 483-491.
8. Евдокимов В. Д. Применение новых смазочных материалов для повышения износостойкости деталей машин / В. Д. Евдокимов, В. Л. Левинский // Долговечность трущихся деталей машин. Вып. 2. Под. ред. Д. Н. Гаркунова. М.: «Машиностроение», 1987.
9. Ян Д.О. Підвищення довговічності підшипників кочення поліпшенням умов мащення / Ян Д.О. // матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. Пріоритети сучасної науки (частина I): Київ : МЦНД, 2021. – С. 64-65.
10. А. с. 1681529, МКИЗ С 10 М125/04. Смазка / С. В. Кан, С. И. Щелканов, А. И. Лямкин и др..
11. А. с. 1829392, МКИЗ С 10 М125/00 Смазочная композиция / В. М. Кремешный, С. В. Вельский, П. М, Брыляков.

12. А. с. 1829393, МКИ' С 10 М1 25/02 Антифрикционная и противозносная присадка в минеральное масло / Г.И. Саввакин, В. В. Полотай, Д. Г. Саввакин.
13. А. с. 1765172 РФ, МКИЗ С 10 М125/10. Смазочная композиция для подшипников качения / А. П. Грибайло, Д. Г. Ли, В. Я. Кусочкин (РФ).
14. А. с. 1765172 РФ, МКИЗ С 10 М125/10. Смазочная композиция для подшипников качения / А. П. Грибайло, Д. Г. Ли, В. Я. Кусочкин (РФ).
15. Справочник по триботехнике. Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения / Т. 2.; Под ред. М. Хебды, А. В. Чичи-надзе. М.: Машиностроение, Варшава ВКЛ, 1990. – 450 с.
16. Бобрышева С. Н. Физико-химические аспекты использования жидкокристаллических присадок / Бобрышева С. Н. // Трение, смазка, изн[ос, Режим доступа] [http // www. tribo.ru](http://www.tribo.ru).
17. Пластичні мастила [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://budtehnika.pp.ua/9381-plastichn-mastila.html>.
18. Пластичні мастила / [С. Бойченко, А. Пушак, П. Топільницький та ін.], 2021. – 274 с.
19. Обеспечение работоспособности и эффективности использования сельскохозяйственной техники. Волгоград, 1995. - 145 с.
20. Масла и составы против износа автомобилей / Школьников В.М. и др. М.: Химия. 1988. - 96 С.
21. Повышение уровня технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. БСХА, 1990. - 193 с.
22. Крагельский И.В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. - 480 с.
23. Афанасьев І. А. Шляхи підвищення післяремонтної надійності турбокомпресорів автотракторних двигунів / І. А. Афанасьєв, Є. В. Калганков // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej. - Warszawa – 2016. – С. 6–11.

24. Гаркунов Д. Н. Эффект безызносности (ИП) - новый этап в повышении износостойкости деталей машин / Гаркунов Д. Н. // Вестник машиностроения.-1983.- М4. - с.36-42.
25. Трение изнашивание и смазка. Справочник в 2-х книгах. Под ред. И.В. Крагельского М.: Машиностроение, 1978. - 358 с.
26. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Матвеевский Р.М. и др. М.: Машиностроение, 1989. - 224 с.
27. Бершадский Л. И. О самоорганизации и концепциях износостойкости трибосистем / Бершадский Л. И. // Трение и износ. 1992-Т13. - № 8.- с. 1077-1094.
28. Диагностика неисправностей ступичных подшипников [Электронный ресурс] / режим доступа <http://www.autopp.biz/Diagnostic.aspx>
29. Червоненко Р.Є. Довговічність підшипників кочення та аналіз причин виходу їх з ладу [Текст] / Червоненко Р.Є.// Сборник научных статей. Техника и технология. Научные достижения, наработки, предложения за 2015 год, Варшава.: 2015. – с. 6-9.
30. Гайдамака А. В. Підшипники кочення. Базові знання та напрямки вдосконалення: навч. посіб. / А. В. Гайдамака. – Х. : НТУ «ХПІ», 2009. – 248 с.
31. Анурьев В. И. Справочник конструктора - машиностроителя / Анурьев В. И.- В 3 т. - М.: Машиностроение, 1989.
32. Диагностика неисправностей ступичных подшипников [Электронный ресурс] / режим доступа <http://www.autopp.biz/Diagnostic.aspx>
33. Калганков Є.В. Методичні вказівки до лабораторної роботи „Дефектація шестерень, пружин, підшипників / Калганков Є.В. – Дніпро, ДДАЕУ, 2021. – 16 с.
34. Калганков Е.В. Расчет долговечности резиновых футеровок шаровых рудоразмольных мельниц с учетом старения резины / Калганков Е.В. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб . наук . Праць , Ін- т геотехнічної механіки ім. М .С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2013. – No 113. С. 181–202.

35. Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.

36. НПАОП 0.00-6.03-93 щодо застосування "Порядку опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві"

37. Кодекс законів про працю України : закон України від 10.12.1971 № 322-VIII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>

38. Наказ Міністерства охорони здоров'я України, Міністерства внутрішніх справ України № 65/80 Про медичний огляд кандидатів у водії та водіїв транспортних засобів.

39. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 248 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу».

40. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

41. Вініченко І.І. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства / І.І Вініченко, А.О. Сітковська. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.

42. Калганков Є.В. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОС "Бакалавр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" і дипломних робіт ОС "Магістр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" / Калганков Є.В. – Д.: ДДАЕУ, 2021. – 36 с.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ
ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ ПІД ЧАС
ПРОВЕДЕННЯ СЕРВІСНИХ РОБІТ**

Доповідач: Ян Д.О.

Керівник к.т.н., доцент: Толстенко О.В.

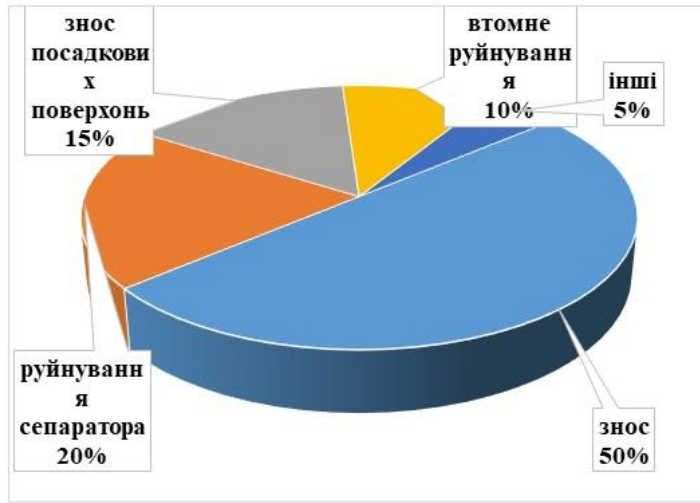
Мета роботи: підвищення ресурсу роботи підшипників кочення за рахунок зменшення сил тертя між поверхнями тіл кочення й кільцями, а також зниження зношування деталей підшипника кочення за рахунок використання добавки ТМК (гідросилікат магнію) як добавки в мастильний матеріал.

Задачі досліджень:

1. Теоретично обґрунтувати можливість підвищення довговічності підшипників кочення за допомогою металоплакуючих добавок до пластичних мащень.
2. Змоделювати роботу підшипника кочення в лабораторних умовах на машині тертя й установити дію добавки твердо-мастильної композиції (ТМК).
3. Оцінити вплив добавки ТМК на довговічність підшипників кочення, що працюють на пластичному змащенні.
4. Розробити рекомендації із застосування пластичних мащень із добавкою ТМК у підшипниках кочення.
5. Розробити заходи з охорони праці.
6. Провести техніко-економічну оцінку роботи.

3

Причини відмов підшипників кочення



Розподіл причин вибракування підшипників кочення



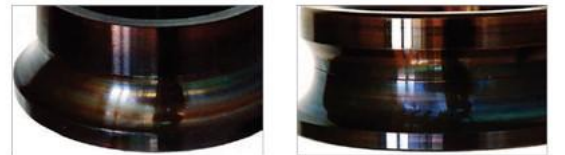
Втомне руйнування



Абразивне зношення



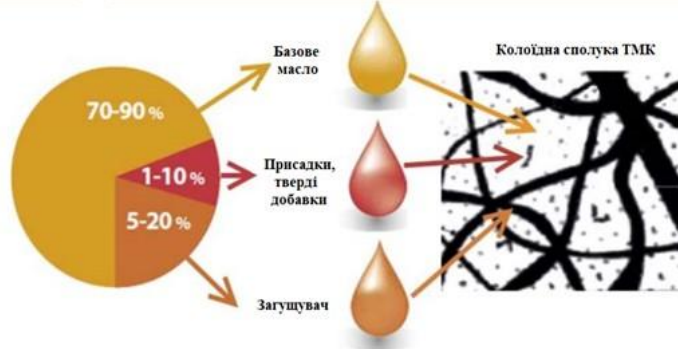
Атмосферна корозія



Перегрів

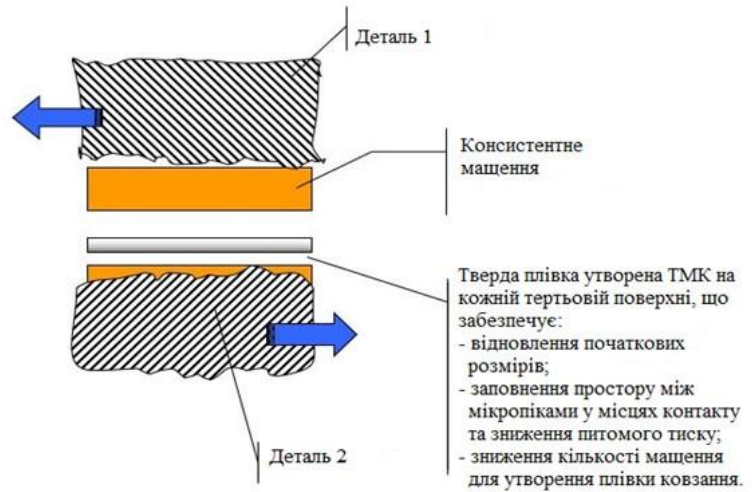
4

Формування твердої мастильної композиції (з додаванням гідросилікату магнію)



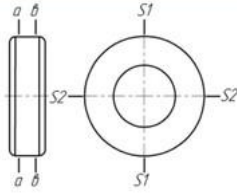
Процес формування ТМК

Схема утворення мастильного шару

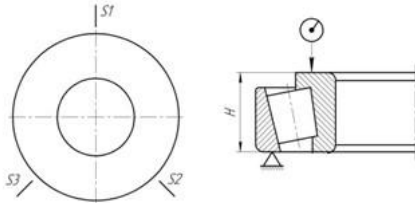


5

Методика проведення досліджень



Вимірювальні площини та перерізи підшипника



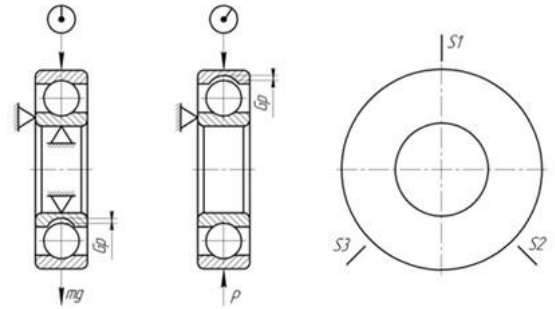
Вимірювання осьового зазору підшипника

Визначення придатності кілець

$$d = \frac{1}{m} \sum d_{ij}$$

де d_{ij} - діаметри кілець, виміряні в площинах (S1 і S2) і перетинах (1 – 1, 2 – 2)

Кільця вважають придатними, якщо дійсні діаметри за середнім значенням задовольняють технічним вимогам



Вимірювання радіального зазору підшипника кочення при дефектації

Умова придатності підшипників за радіальним зазором

$$G_{\text{ср}} = \frac{(G_1 + G_2 + G_3)}{3} \leq G_{\text{доп}}$$

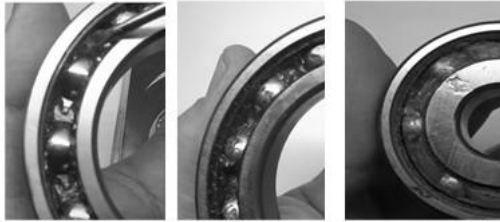
$G_{\text{доп}}$ - середній виміряний радіальний зазор, мм;

G_1, G_2, G_3 - радіальні зазори, виміряні в першому, другому й третьому положеннях підшипника, мм;

$G_{\text{ср}}$ - допустимий радіальний зазор, мм.

6

Обладнання для проведення досліджень



Заповнення підшипників змазкою Літол 24



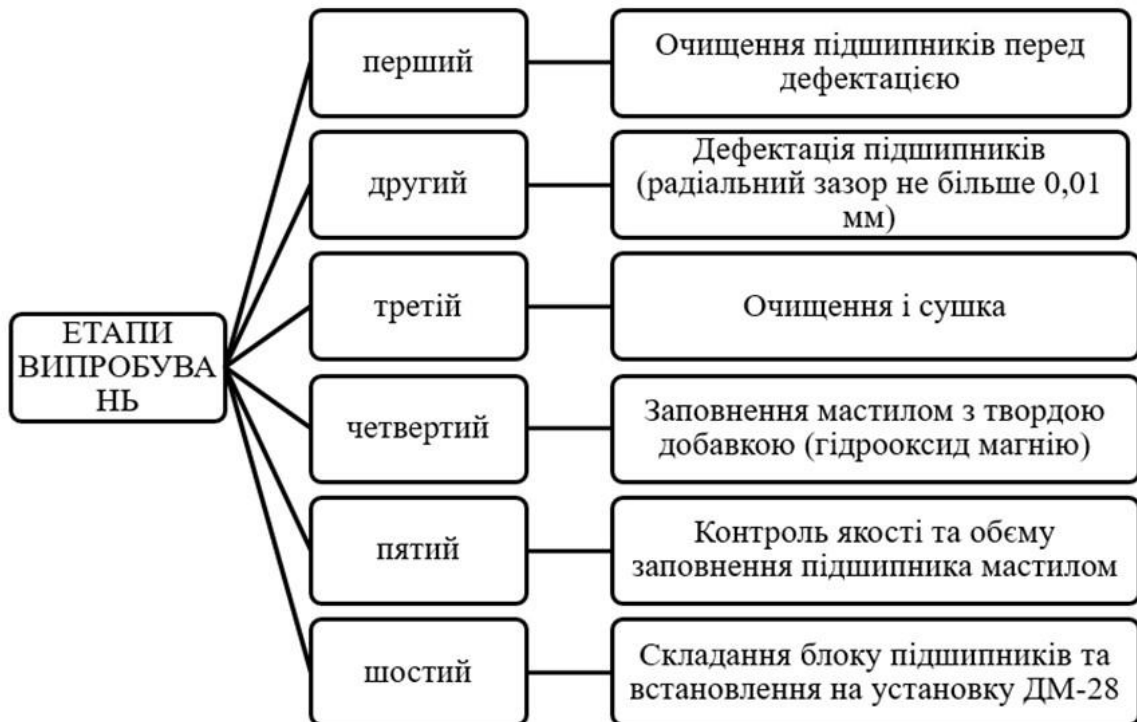
Вимірювання радіального зазору підшипника кочення при дефектації



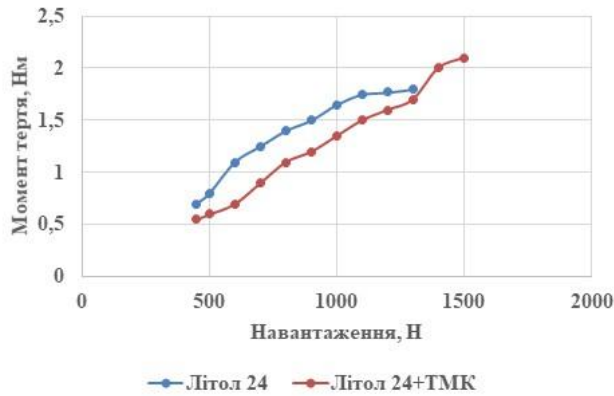
Вимірювання осьового зазору підшипника



Експериментальна установка

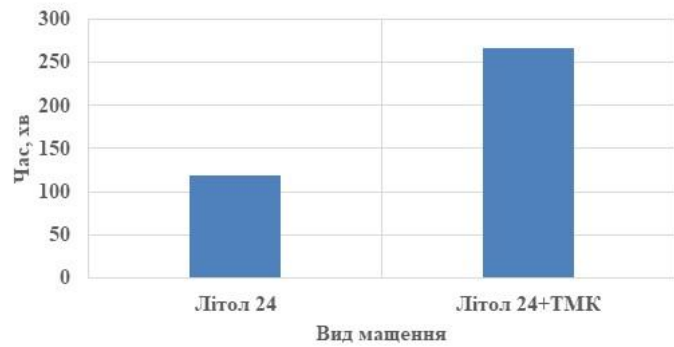


Результати експериментальних досліджень

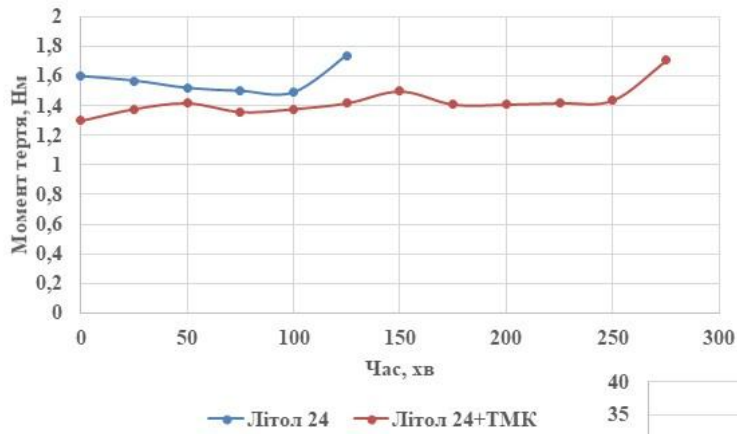


Проведені дослідження свідчать про високу ефективність добавки ТМК. Її застосування дозволяє знизити момент тертя у вузлі тертя катання в середньому на 20 - 25 % і підвищити навантаження заїдання в 1, 2 рази.

Час роботи вузла тертя до задиру поверхні



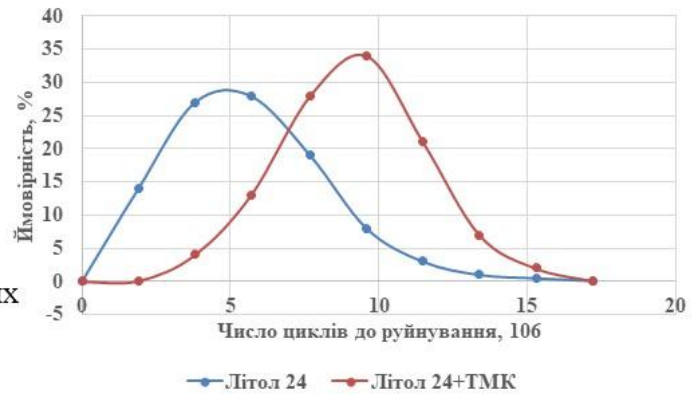
Результати експериментальних досліджень



Зміна моменту тертя під час випробування вузла тертя до задиру робочих поверхонь

Застосування добавки ТМК дозволяє збільшити час роботи зразків тертя до задиру на мащеннях Літол-24 +ТМК, в 2,2 - 2,5 раз.

Розподіл довговічності підшипників кочення при різних мащеннях



Небезпечні та шкідливі фактори на ділянці

№	Вид робіт	Небезпечний фактор
1	Кріпильні роботи	висока температура деяких деталей двигуна;
		заржавілі болти, що прикипіли гайки;
		розташування кріплення у важкодоступних місцях;
2	Масильні роботи	висока температура масла, що заливається та що зливається, а також промивного;
		несправні дозуючі елементи змащувального встаткування, що замикають елементи систем мащення агрегатів автомобіля.
3	Регульовальні роботи	підвищена загазованість повітря робочої зони через те, що великий обсяг цих робіт проводиться при працюючому двигуні;
		підвищений рівень шуму на робочому місці;
		підвищений рівень вібрації;
		незахищені рухомі деталі двигуна (повітряний вентилятор з електричним або механічним приводом, причому електровентилятор небезпечніше, тому що невідомий момент його включення).
4	Електротехнічні роботи	контакти з небезпечними речовинами (кислоти, луги, газу);
		можливість утворення гримучого газу при зарядці акумуляторних батарей;
		значна маса АКБ;
5	Слюсарні роботи	можливість розбризкування крапель кислоти при порушенні правил готування електроліту.
		частини верстатів, що рухаються;
		рухомий ріжучий інструмент;
		стружка, що утворюється при обробці, пил;
		підвищений рівень шуму на робочому місці;
		підвищений рівень вібрації при роботі з електро- і пневмо інструментом.

№	Показник	Значення показника при мащенні	
		Літол-24	Літол-24 + ТМК
1	Кількість підшипників N, шт.	100	53
2	Вартість підшипника $V_{пк}$, грн. (19 – 75)	50	50
3	Вартість мащення V_m , грн	1,1	2,4
4	Вартість робіт з обслуговування підшипникового вузла $V_{роб}$, грн.;	25	25
5	Загальні витрати, грн	7610	4102
6	Економічний ефект, E	-	3508

Надійність підшипників кочення впливає та роботу механізмів і є найважливішим чинником, що визначають технічний рівень агрегатів і машин. Поняття про надійність підшипників можна трактувати як задоволення ними експлуатаційних вимог протягом усього терміну служби за умови дотримання всього комплексу вимог, що забезпечують роботу підшипника в даному вузлі.

Довговічність підшипника визначається факторами, які можна розділити на три групи.

При застосуванні нових мастильних матеріалів і технологічних методів підвищення терміну служби деталей важливе прогнозування їх ресурсу. Правильно розрахований термін служби дозволить спланувати регламентні роботи, необхідну кількість запасних частин і робітників, зайнятих технічним обслуговуванням і ремонтом техніки.

Довговічність кулькових і роликових підшипників автотракторної й сільськогосподарської техніки може бути збільшено на 27,7 %, за рахунок застосування добавок, що створюють у комбінації з мастильним матеріалом на третьових поверхнях захисне покриття.

Застосування добавок дозволяє знизити шорсткість поверхонь тертя й залікувати дрібні ушкодження, що утворюються після механічної обробки деталей, а також збільшити навантаження заїдання.

Теоретично обґрунтована можливість підвищення довговічності підшипників кочення за допомогою добавок до пластичних масень.

Виявлена можливість поліпшувати мастильні властивості пластичних масень за допомогою добавки ТМК (у вигляді гідросилікату магнію). Оптимальна концентрація добавки ТМК у пластичних змащеннях становить 1,8-2,1 %.

Оптимальний режим припрацювання вузла тертя - кочення, що працює на пластичному масенні з добавкою ТМК, є: навантаження припрацювання 40-60 % від номінальної, час припрацювання 20-25 хвилин, час фіксації нанесеного покриття не менш 30 хвилин або до повного остигання вузла тертя.

Проведені дослідження свідчать про високу ефективність добавки ТМК. Її застосування дозволяє знизити момент тертя у вузлі тертя катання в середньому на 20 - 25 % і підвищити навантаження заїдання в 1, 2 рази.

Застосування добавки ТМК дозволяє збільшити час роботи зразків тертя до задиру на масеннях Літол-24 +ТМК, в 2,2 - 2,5 раз.

Результати стендових випробувань підтвердили зроблені раніше висновки у розділі 2 про ефективність добавки ТМК. Її застосування дозволило збільшити ресурс підшипників кочення № 202 в 1, 9 рази.

Розроблені рекомендації із застосування добавки ТМК у підшипниках кочення.

Проаналізовано та усунуто недоліки в роботі служби охорони праці.

Економічний ефект від впровадження у виробництво масення Літол – 24+ТМК складає 3508 грн., так як підвищується ресурс підшипника в 1,9 рази.



*Міжнародний Центр Науки і Досліджень
International Center for Science and Research
Международный Центр Науки и Исследований*

Матеріали

VI Міжнародної науково-практичної конференції

«ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ НАУКИ»

Частина I

(м. Київ)

30-31 жовтня 2021 року

**Міжнародний центр науки і досліджень
(м. Київ)**

**МАТЕРІАЛИ VI МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

«ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ НАУКИ»

30-31 жовтня 2021 року

(частина I)

**Київ
МЦНід
2021**

УДК 005
ББК 66.3(0)

Перспективи розвитку сучасної науки (частина I): матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції м. Київ, 30-31 жовтня 2021 року. – Київ: МЦНІД, 2021. – 64 с.

У даному збірнику представлені тези доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи розвитку сучасної науки». Висвітлюються актуальні проблеми розвитку науки на сучасному етапі розвитку. Розглядаються актуальні механізми та інструменти забезпечення перспектив наукових досліджень.

Збірник призначений для студентів, здобувачів наукових ступенів, науковців та практиків.

Всі матеріали представлені в авторській редакції. За повноту та цілісність яких автори безпосередньо несуть відповідальність.

МЦНІД 2021

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ	38
<i>Сасико С.Р.</i> НАЙРЕНТАБЕЛЬНІШІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ ПОЛЬОВІ КУЛЬТУРИ В УКРАЇНІ.....	38
<i>Шкурка В.А.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАСІННОГО РОЗМНОЖЕННЯ ДЕЯКИХ ВИДІВ РОДУ PINUS L.	40
<i>Ян Д.О.</i> ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ ПОЛІПШЕННЯМ УМОВ МАШЕННЯ.....	41
СОЦІОЛОГІЧНІ НАУКИ	44
<i>Грищенко Н.І.</i> ПРОБЛЕМИ СОЦІАЛІЗАЦІЇ МОЛОДІ В СОЦІОЛОГІЧНИХ КОНЦЕПЦІЯХ.....	44
ТЕХНІЧНІ НАУКИ	47
<i>Горященко Д.В.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ КОЛІНЧАТИХ ВАЛІВ ДВИГУНІВ СІМЕЙСТВА ЯМЗ-238.....	47
<i>Сергієнко А.В., Бондаренко В.М.</i> ТЕХНОЛОГІЇ ГОЛОСОВОГО ТА ВІДЕО ЗВ'ЯЗКУ В IP-МЕРЕЖАХ.....	49
ФІЛОЛОГІЧНІ НАУКИ	51
<i>Безушко О.А.</i> ФУНКЦІЇ ВОКАТИВА В СУЧАСНІЙ УКРАЇНСЬКІЙ МОВІ.....	51
<i>Гарцунова Л.І.</i> ФРАЗЕОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ РЕПРЕЗЕНТАЦІЇ ЕГОЦЕНТРИЧНОЇ КАТЕГОРІЇ «НЕДОВІРА» В СУЧАСНОМУ АНГЛІЙСЬКОМУ ДИСКУРСІ.....	54
ЮРИДИЧНІ НАУКИ	56
<i>Паламар С.Б.</i> ДОГОВІР СТРАХУВАННЯ ЖИТТЯ ЯК ВИД ОСОБИСТОГО СТРАХУВАННЯ В УКРАЇНІ.....	56
<i>Романюк Ю.І.</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ УЧАСНИКІВ ПРОЦЕСУ ПРИ ПРЕД'ЯВЛЕННІ ВПІЗНАННЯ.....	58
<i>Стрекотенко Л.В.</i> НЕЗАКОННА ЕКСПРОПІАЦІЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЖАВНОГО МАЙНА УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ.....	61

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ ПОЛІПШЕННЯМ УМОВ МАШЕННЯ

На сьогоднішній день в Україні склалась досить складна ситуація з машинним парком, як в сільському господарстві так і в інших галузях народного господарства. Це проявляється в інтенсивному зношенні машин, бо порівняно з 2000 роком річне напрацювання на трактор чи комбайн збільшилось в декілька разів. Так наприклад напрацювання комбайна у 1990 році становило 138 мото.-годин за сезон, сьогодні це 250-300 мото.-годин, а в деяких випадках і 400-500 мото.-годин. Такі зміни пояснюються низькою платоспроможністю сільськогосподарських товаровиробників, диспаритетом цін на продукцію сільгосптоваровиробників і продукцію машинобудування та різким зниженням кількості машин, їх старінням. Україна в середньому на 60 % забезпечена основними видами техніки [1, 2]. Звісно така експлуатація призводить до передчасного зношення вузлів тертя та виходу їх з ладу.

Основа вузлів тертя, це підшипникові вузли, за різними даними у машинах (трактор, комбайн, автомобіль) налічується від 50 до 300 підшипників [3] і в багатьох вузлах саме підшипники є лімітуючи ми їх ресурс.

Відмови підшипникових вузлів можна розділити на три групи (рис. 1): конструктивні – до 5%, технологічні – до 20%, експлуатаційні – до 75%.

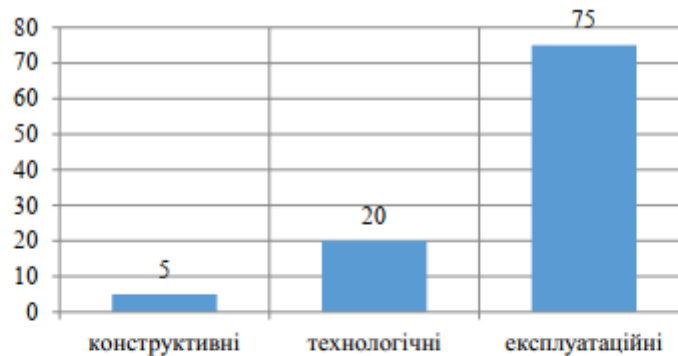


Рис. 1. Відмови підшипникових вузлів

Аналізуючи діаграму можна зробити висновок, що на роботу підшипникових вузлів істотно впливає експлуатація підшипників, а саме дотримання правил проведення технічних обслуговувань цих вузлів. Нажаль останнім часом конструктивно-технологічні відмови зустрічаються все частіше, це пов'язано з відсутністю контролю якості при виготовленні та намаганнями знизити собівартість готової продукції за рахунок економії на матеріалі, на його якості та інше.

Так наприклад дослідженнями встановлено, що 65 % відмов підшипникових вузлів дискових борін виходять з ладу саме із-за порушення правил проведення технічного обслуговування (порушення періодичності мащення), також впливає не дотримання правил експлуатації борони в цілому, низька якість мастильного матеріалу, не правильний підбір мастила та інше.

Зниження зношування деталей підшипників кочення прямо пов'язана з підвищенням їх ресурсу роботи. Одним з варіантів розв'язку цього завдання є поліпшення якості застосовуваних мастильних матеріалів за рахунок уведення до їхнього складу високоефективних твердих добавок.

Основна функція пластичних мастильних матеріалів при використанні в підшипниках кочення - зниження сил тертя між контактуючими поверхнями тіл кочення й кільцями, зменшення їх зношування, запобігання задира й зварювання. Тому більша увага приділяється їхнім антифрикційним, протизношувальним і протизадирним властивостям.

Добір добавок до пластичних змазок досить складна операція, так як необхідно визначитись не тільки з типом добавки, а ще й треба дослідити кількість добавки та її вплив на роботу підшипникового вузла. І тут важливо врахувати всі чинники, що впливають на роботу вузла.

В роботі запропоновано в пластичне мащення ЛІТОЛ – 24, що рекомендується для більшості вузлів, які підлягають мащенню [3]. В якості навантажувача використано алмазографіт у кількості 1% від маси мастила згідно рекомендацій [4]. Наповнення підшипників 1/3 об'єму, 2/3 та повністю заповнений підшипник (рис. 2).



Рис. 2 Заповнення підшипників змазкою Літол 24

а – 1/3 об'єму, б – 2/3 об'єму, в – повністю заповнений

Експериментальні дослідження проводились на модернізованому стенді ДМ-28 (рис. 3).



Рис. 3. Модернізована установка ДМ-28

1-установка ДМ-28, 2-навантажувальна камера, 3-блок вимірювання температури, 4-ПЕОМ

Попередньо проведені дослідження вказали на необхідність заповнення мастилом підшипника на 2/3 об'єму, так як в даному випадку є оптимальними і коефіцієнт тертя і момент опору коченню. Також ці дані не суперечать з даними інших дослідників [5]

За результатами досліджень встановлено зниження коефіцієнта тертя на 5-7 % при додаванні у мастило Літол 24 1% алмазографіту (рис. 4). При чому зі збільшенням навантаження та напрацювання коефіцієнт тертя знижується, що свідчить про ефект натирання (забивання пор) алмазографіту на поверхні підшипника.

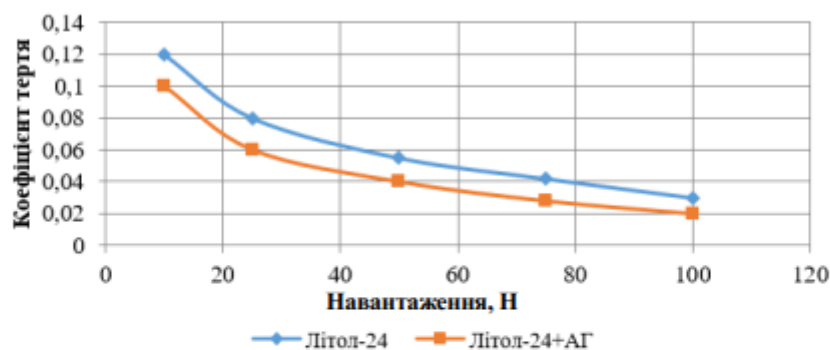


Рис. 4. Залежність коефіцієнта тертя від навантаження

Висновки. Добавка алмазографіту у пластичне мащення Літол-24 забезпечує: зниження моменту тертя на 10-12 %; зниження зношування тертьових поверхонь майже в 1,5рази; знижує коефіцієнт тертя на 5-7 %; подовжує терміну служби змащень в 1,5-2 рази (залежно від умов роботи), полегшує пуск механізму але після напрацювання підшипникового вузла 20-30 годин.

Література:

1. Войтюк Д.Г. Моніторинг комбайнового ринку України (Частина I)/ Войтюк Д.Г., Надточій О.В., Войтюк В.Д., Демко А.А., Демко О.А. // Науковий вісник НУБіП України, 144 (4). – С 58-69.
2. Мельянцов П. Т. Організація використання техніки за умов дефіциту матеріально - технічних ресурсів / П. Т. Мельянцов, Є. В. Калганков. // Zbiór raportów naukowych. „Inżynieria i technologia. Teoria. Praktyk Sp. z o.o. «Diamond trading tou. – 2010. – С. 84–87.
3. Діденко М. М. Вплив розмірно-точносних характеристик посадок підшипників кочення на їх довговічність / М. М. Діденко, Є. В. Калганков. // Zbiór artykułów naukowych Sp. z o.o. «Diamond trading tou». – 2017. – С. 38–43.
4. Синицын В. В. Пластичные смазки в СССР / В. В. Синицын. – Москва, 1984. – 256 с. – (Химия).
5. Докшанин С. Г. Определение влияния концентрации добавки ультрадисперсного алмазографита на свойства пластичных смазочных материалов / С. Г. Докшанин, С. И. Трошин. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – С. 547–549.
6. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Ануриев. – Москва, 2006. Т. 2 – 960 с. – (Машиностроение).

Наукове видання
Українською, англійською та російською мовами

Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції

«ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ НАУКИ»

(частина I)

(м. Київ, 30-31 жовтня 2021 року)

Підписано до видання 2.11.2021 р.