

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АБРАЗИВНИХ ДОМІШОК РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ЗМАЗКИ ПІДШИПНИКІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Подольський М., канд. тех. наук, доцент,
e-mail: Podolsky.Mihail@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1149-4275>

Лілевман І.,
e-mail: igorlilevman@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3123-5684>

Південно-Українська філія ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

Федорчук Д.,
e-mail: vistelon.fd@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1565-7067>

Херсонський національний технічний університет

Анотація

Підшипники кочення машин сільськогосподарського призначення експлуатуються в специфічних умовах, відмінних від більшості підшипників кочення загального застосування, і характеризуються складним характером і високим рівнем динамічного навантаження, значним забрудненням мастила великою кількістю продуктів таких як польовий пил, часточки оброблюваних технікою рослинних культур, а також власні продукти зносу. Це має особливе значення в тих випадках, коли процес змащування виконується одноразово за регламентний період обслуговування, а не поточним змащування. Тому необхідне проведення додаткових досліджень впливу різних за походженням та механічними властивостями абразивних включень, що можуть міститись у мастилах на процес зношування та стан підшипників.

Мета. Дослідити ступінь впливу на зношування підшипників кочення сільськогосподарських машин розміру та матеріалів абразивних частинок, які забруднюють мастило, а також діючих на підшипники навантажень та часу їхньої роботи. Відстежити процеси, які протікають у зоні тертя робочих поверхонь підшипників.

Методи досліджень: теоретичний – аналіз досліджуваних літературних інформаційних ресурсів, а також експериментальний – проведення ресурсних випробувань підшипників на створеному стенді за умов, максимально наближених до реальних умов роботи деталі у вузлі машини.

Результати. Проведено аналіз літературних джерел, у яких висвітлюється питання пошуку причин зносу підшипників кочення сільськогосподарських машин, виконано пошук інформації щодо практичних показників надійності зернозбиральної та ґрунтообробної техніки, на основі чого були встановлені головні чинники, які впливають на процес тертя у парах кочення, включаючи – механічні та фізичні показники забруднювальних включень, які можуть потрапляти у мастило підшипників.

Зібрано експериментальний стенд для виконання ресурсних досліджень, який забезпечує потрібну точність та повторюваність умов проведення випробувань підшипників за одноразового внесення різних сторонніх абразивних матеріалів неорганічного та органічного походження. На лабораторному устаткуванні (індикаторах, мікроскопах, профілометрах) вивчено стан поверхонь зносу за критеріями наявності залишків внесеного абразиву і за відсотком зносу елементів вузла, який з'явився внаслідок процесу тертя, а також за критерієм шорсткості поверхні.

Висновки. За результатами дослідження встановлено, що:

1) концентрація в мастилi підшипника продуктів його зносу практично лінійно залежить від розміру абразивних частинок. Проте зі збільшенням розміру абразивних частинок понад 55 мкм спостерігається падіння величини приросту концентрації продуктів зносу підшипника, оскільки абразивні частинки витісняються із зони тертя;

2) коли радіальне навантаження, прикладене до підшипника, становить до 2 кН, концентрації продуктів зносу в мастилі мають найменше значення (до 0,6 %). З підвищенням радіального навантаження до (2,5-3,5) кН відбувається різке зростання концентрації продуктів зносу;

3) після восьмигодинної роботи підшипника концентрація в мастилі продуктів його зносу знижується, що обумовлено частковим витісненням мастильного матеріалу з абразивом із зони контакту поверхонь тертя кочення і, як наслідок, - зменшенням їхнього впливу;

4) після восьми годин роботи спостерігається значне зниження показника шорсткості поверхонь тертя кочення в підшипнику, що пояснюється проникненням в мікронерівності частинок ацетату целюлози під впливом тиску певної величини з утворенням тимчасового буферного шару між парами тертя. Якщо експеримент триває більше п'ятнадцяти годин, кількість мастильного матеріалу в зоні контакту зменшується і вплив на шорсткість поверхонь тертя з боку абразиву ППО6052016 та полімеру на основі ацетату целюлози знову зростає майже в однаковій мірі.

Ключові слова: сільськогосподарська техніка, підшипники кочення, тертя, абразивні домішки, знос, ресурс.

Постановка проблеми. Підшипники кочення машин сільськогосподарського призначення експлуатуються в специфічних умовах, відмінних від більшості підшипників кочення загального застосування, і характеризуються складним характером і високим рівнем динамічного навантаження, значним забрудненням мастила великою кількістю продуктів [1]. До того ж, за сучасною тенденцією, розробники та виробники сільськогосподарських машин встановлюють підшипникові вузли з об'ємом мастила, розрахованим на весь строк служби вузла. Проникнення сторонніх частинок у таке середовище надає йому абразивних властивостей, тому актуальним є проаналізувати умови експлуатації та працездатності підшипників кочення машин сільськогосподарського призначення через забруднення мастильного матеріалу включеннями органічного та неорганічного походження [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Практикою експлуатації і ремонту машин сільськогосподарського призначення встановлено, що (50-92)% підшипників кочення виходять з ладу внаслідок зношування деталей, які контактують в умовах забрудненого мастила [4, 5], а концентрація продуктів забруднення в мастилі досягає істотних величин. Ось у підшипників одноразового змащування в зернозбиральному комбайні ДОН-1500Б через 1620 годин роботи забруднення становить (0,12...0,26)% органічними і (1,9...3,7)%

неорганічними продуктами [6]. За таких умов максимальне збільшення зазору підшипників із внутрішнім діаметром 30 мм досягає 692 мкм (рис.1).



Рисунок 1 – Спрацьованість підшипникових вузлів молотильного барабана зернозбирального комбайна

Застосовувані зараз методики розрахунку довговічності підшипників кочення в основному базуються на класичних засадах аналізу контактних напружень [7, 8]. Вважається, що підшипники кочення, працюючи в умовах застосування якісного мастильного матеріалу, виходять з ладу через стомливе руйнування поверхонь кочення внаслідок багаторазового сприйняття ними циклічних змінних навантажень від зовнішніх сил.

Мета дослідження. Експериментально дослідити ступінь впливу на зношування підшипників кочення сільськогосподарських машин розміру та матеріалів абразивних частинок, які забруднюють мастило, а також діючих на підшипники навантажень та часу їхньої роботи. Відстежити процеси, які протікають у зоні тертя

робочих поверхонь підшипників.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для досягнення поставленої мети дослідження була розроблена експериментальна установка на основі токарного верстата ИЖ250ТВ.М.01, яка забезпечує в широкому діапазоні варіювання постійної та змінної складових навантажень підшипників кочення, характерних для умов їх експлуатації в машинах сільськогосподарського призначення.

Методика проведення експерименту полягала в тому, що випробовуваний підшипник встановлювався в шпинделі верстата базуванням по зовнішньому кільцю, на яке передавалося обертання з регульованою частотою. Радіальне навантаження задавалося поперечною подачею супорта, де у різцетримачі було зафіксовано чотиргранну державку, на якій встановлювався свердлувальний патрон із циліндричною оправкою (рис. 2).

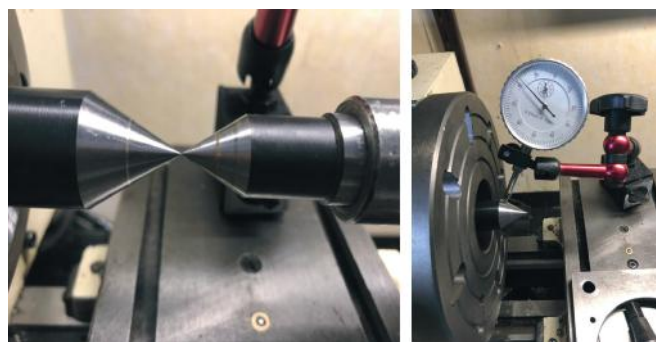


Рисуюнок 2 – Узел кріплення оправки для радіального навантаження підшипника

Щоб задати точне «нульове» положення використовувалися два конуси, закріплені в патроні та оправці різцетримача (рис. 3а), а також проведена перевірка на наявність радіального биття конусів (рис. 3б).

На період випробувань підшипник встановлювався в перехідну гільзу, а у його внутрішнє кільце монтувалася втулка, що виключало деформації зовнішнього кільця підшипника від впливу затискного зусилля кулачків патрона, а внутрішнього кільця – від зосередженої силової дії оправки (рис. 4).

Під час випробування, відповідно до умов експлуатації досліджуваного підшипника, частота обертання його зов-



Рисуюнок 3 – Підготовка експериментальної установки для дослідження впливу експлуатаційних факторів на ресурс роботи і знос підшипників кочення



Рисуюнок 4 – Оснащення по забезпеченню жорсткості та рівномірності розподілу діючого на підшипник навантаження

вншнього кільця складала 1000 об/хв і радіальне навантаження – від 1кН до 3,5 кН (відповідно до маси підвісних вузлів молотильного барабана зернозбирального комбайна) та обмежувалось показниками жорсткості супорта верстата, перевищення яких призводить до появи радіальної складової сумарного зусилля тиску, спричиненої вигином навантажувальної оправки та деформацією напрямних каретки різцетримача.

Склад експериментального мастильного матеріалу готувався додаванням масової долі порошку абразиву до об'єму чистого консистентного мастила (з перерахунком згідно з густиною) у відповідних відсоткових співвідношеннях.

Процентний приріст долі продуктів

знос визначався за співставленням сумарної площі частинок зносу до площі контрольної ділянки контрольного зразка, розміщеного під інструментальним мікроскопом.

Матеріалом з абразивними властивостями, наближеними до показників піщаного (польового) пилу та органічних речовин, було обрано шліфувальний абразив ПП06052016 та порошок, отриманий з полімеру на основі ацетату целюлози його стиранням.

Розмір фракції частинок, отриманих з полімеру на основі ацетату целюлози, був визначений мікроскопом МБС-2 (рис. 5).

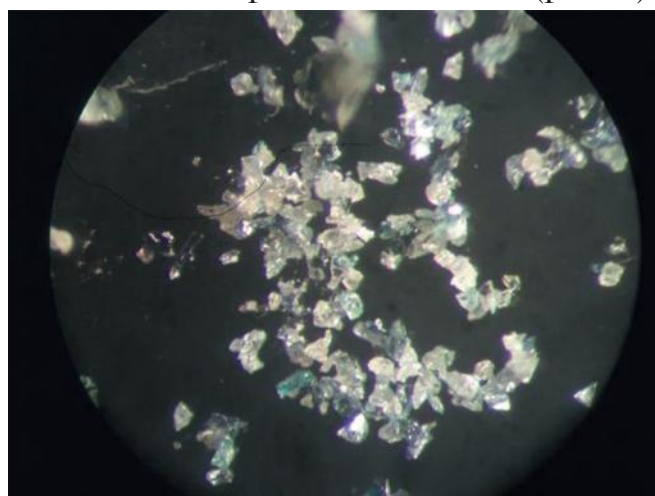


Рисунок 5 – Порошок полімеру на основі ацетату целюлози під мікроскопом МБС-2

Під час досліджень розміри абразивних частинок змінювалися в межах (15...60) мкм з інтервалом (10...20) мкм, а концентрації абразивних частинок змінювались в інтервалі (0...4,0)%. Для наближення до експлуатаційних умов, концентрація абразивних частинок в мастилi підвищувалася кожні 4 години на 1%.

Результати свідчать про те, що концентрація в мастилi підшипника продуктів його зносу практично лінійно залежить від розміру абразивних частинок. Проте зі збільшенням розміру абразивних частинок понад 55 мкм спостерігається падіння величини приросту концентрації продуктів зносу підшипника, оскільки абразивні частинки витісняються із зони тертя (рис. 6).

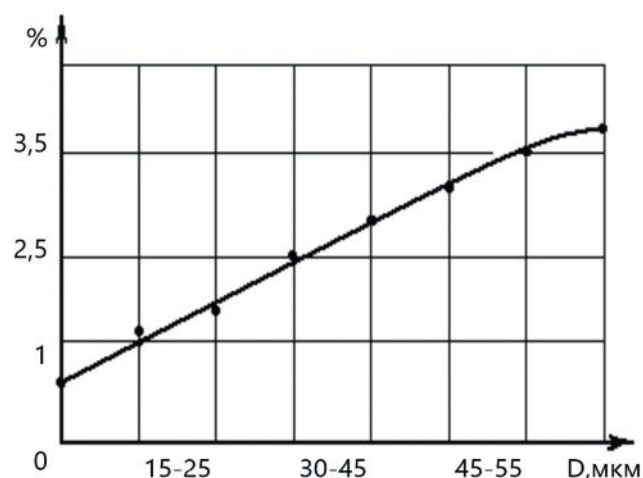


Рисунок 6 – Залежність процентного вмісту продуктів зносу підшипника в мастилi від розміру абразивних частинок

Під час тертя кочення навантаження на абразивну частинку у клиновидному зазорі, залежить також від нормального навантаження, прикладеного до елементів підшипника, з підвищенням якого глибина проникнення абразивних частинок всередину поверхонь тертя збільшується. Водночас, згідно з молекулярно-механічною теорією тертя і зношування, знос поверхонь тертя пропорційно зростає.

Також, аналіз отриманих результатів показав, що коли радіальне навантаження, прикладене до підшипника, становить до 2 кН, концентрації продуктів зносу мають найменше значення. З підвищенням радіального навантаження до (2,5...3,5) кН відбувається різке підвищення зростання концентрації продуктів зносу (рис. 7).

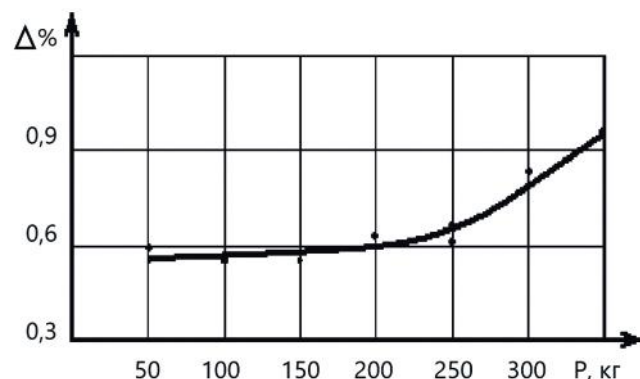


Рисунок 7 – Залежність збільшення вмісту продуктів зносу від прикладеної радіального навантаження

Це явище можна пояснити подрібненням абразивних частинок в зоні поверхонь тертя, що більше властиво для матеріалів органічного походження. При цьому процес дроблення триває до зменшення розміру подрібнених частинок до величини, яка дорівнює товщині масляної плівки між поверхнями тертя і залежно від в'язкості мастильного матеріалу становить (2...4) мкм [9].

Оскільки, крім одного з факторів, який знижує довговічність і ресурс підшипника, а саме – розміру забруднювальних мастило частинок, є і другий за значимістю фактор, а саме - час роботи вузла [10,11], то було проведено дослідження залежності впливу часу роботи підшипника на величину концентрації продуктів зносу із застосуванням найбільш «агресивної» фракції абразиву (40...50) мкм (рис. 8).

За графіком видно, що після восьмигодинної роботи концентрація в мастилі продуктів зносу підшипника знижується, що обумовлено частковим витісненням мастильного матеріалу з абразивом із зони контакту поверхонь тертя кочення і в результаті - зменшенням їх впливу.

Як вже зазначалося, підшипникові вузли машин сільськогосподарського призначення забруднюються як частками органічного, так і неорганічного походження. Тому було виконано порівняння деструктивних властивостей і впливу двох варіантів сторонніх часток, в ролі яких застосовані раніше зазначений абразив ПП06052016 і стружка полімеру на основі ацетату целюлози з відповідними показниками твердості та температури пластичної деформації, які перевищують максимальні температурні показники роботи справного підшипника.

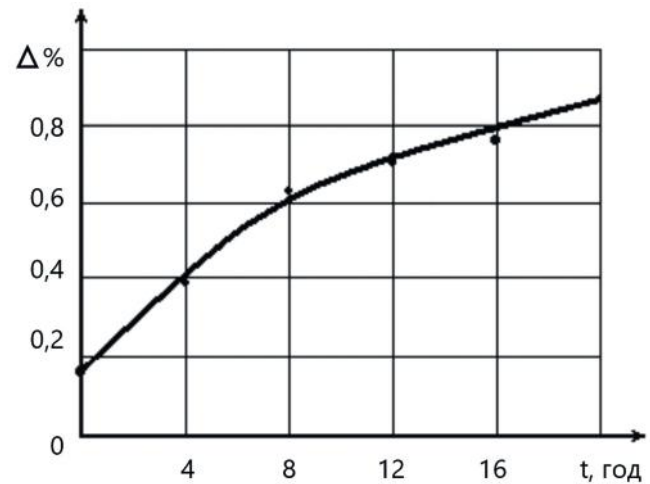


Рисунок 8 – Величина приросту процентного вмісту продуктів зносу від часу роботи підшипника

Критерієм оцінки розглядався показник шорсткості поверхні, яка була виміряна лабораторним цеховим профілометром на ділянці доріжки кочення кульок підшипника, де на графіку (рис. 9) ділянка зростання довжиною 3 мм відповідає радіусу частини доріжки.

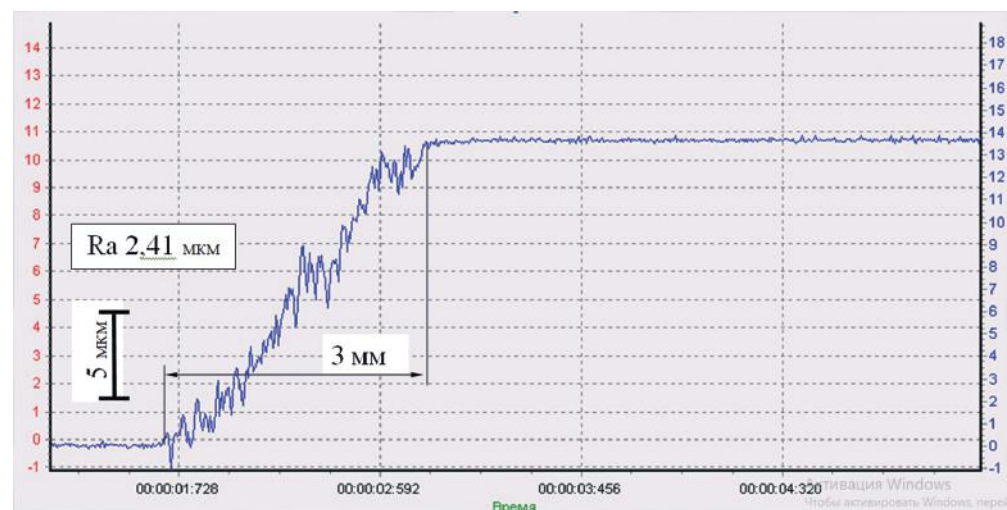


Рисунок 9 – Профілограма поверхні тертя доріжки кочення кільця підшипника

Порівняльний аналіз діаграми (рис. 10) приводить до висновку, що після восьмигодин роботи спостерігається значне зниження показника шорсткості поверхонь тертя кочення в підшипнику. Це пояснюється проникненням в мікронерівності частинок ацетату целюлози під впливом тиску певної величини з утворенням тимчасового буферного шару між парами тертя.

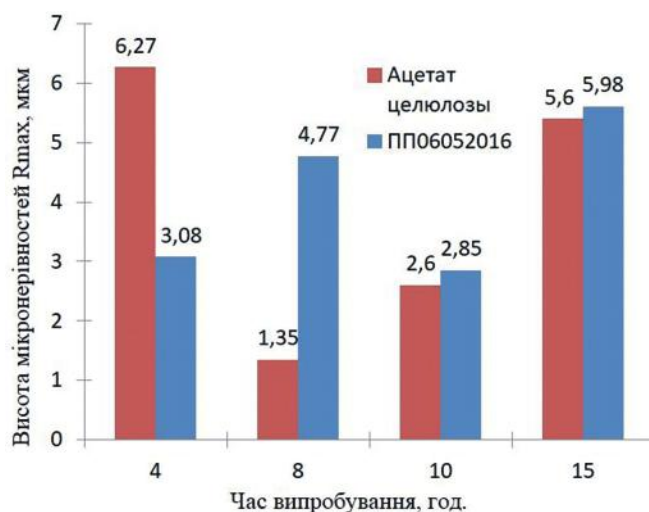


Рисунок 10 – Порівняння профілограм поверхонь тертя кілець підшипника за параметром шорсткості R_{max} за показаннями профілометра мод. 296

Якщо експеримент триває більше п'ятнадцяти годин, кількість мастильного матеріалу в зоні контакту зменшується і незалежно від його забруднення органічними або неорганічними включеннями шорсткість поверхонь тертя знову зростає майже в однаковій мірі.

Висновки. За результатами дослідження встановлено, що:

1) концентрація в мастилi підшипника продуктів його зносу практично лінійно залежить від розміру абразивних частинок. Проте зі збільшенням розміру абразивних частинок понад 55 мкм спостерігається падіння величини приросту концентрації продуктів зносу підшипника, оскільки абразивні частинки витісняються із зони тертя;

2) коли радіальне навантаження, прикладене до підшипника, становить до 2 кН, концентрації продуктів зносу в мастилi мають найменше значення (до 0,6 %). З підвищенням радіального навантаження до (2,5-3,5) кН відбувається різке зростання концентрації продуктів зносу;

3) після восьмигодинної роботи підшипника концентрація в мастилi продуктів зносу підшипника знижується, що обумовлено частковим витісненням мастильного матеріалу з абразивом із зони контакту поверхонь тертя кочення і, як наслідок, зменшенням їхнього впливу;

4) після восьми годин роботи мастило, забруднене частинками органічного походження, утворює тимчасовий буферний шар між парами тертя в підшипнику, що значно знижує шорсткість його робочих поверхонь. Якщо підшипник працює більше п'ятнадцяти годин, кількість мастила у зоні тертя зменшується і незалежно від його забруднення органічними або неорганічними включеннями шорсткість поверхонь тертя знову зростає майже в однаковій мірі.

Література

1. Тененбаум М.М., Розенбаум А.Н. О методике расчета долговечности изнашивающихся деталей сельхозмашин с учетом нелинейности динамики изнашивания. Тракторы и сельхозмашины, 1980, № 10, С. 29-31.

2. Денисенко М. Виготовлення зносостійких деталей робочих органів ґрунтообробних, кормозбиральних та посівних машин / М. Денисенко, А. Опальчук // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Випуск 18 (32), кн 1 - Дослідницьке, 2014. - 365 с.

3. Шустік Л. Зуби борін. Результати випробувань з визначення абразивного зносу / Л. Шустік, В. Погорілий, С. Степченко, Н. Нілова, О. Клочай, С. Сидоренко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Випуск 25 (39). - Дослідницьке, 2019. - С.71-82.

4. Андросов А. А. Исследование эксплуатационной нагруженности несущих элементов зерноуборочных комбайнов повышенной производительности. Дис. канд. техн. наук. - Ростов н/Д., 1981. - 213 с.

5. Андриенко Л. А. Прогнозирование ресурса подшипников качения по критерию изнашивания / Л. А. Андриенко // Справочник. Инженерный журнал. 2001 № 9. С. 22-25.

6. Вайншток В.В. Пластичные смазки как средство снижения абразивного износа / В.В. Вайншток // Практическая триболо-

гия. Мировой опыт. Т. 1. Под ред. А.В. Чичинадзе. М.: Центр «Наука и техника», 1994.

7. Вейбулл В.А. Усталостные испытания и анализ результатов / Пер. с нем. -М.: Машиностроение, 1969.

8. Авдеев В.К. Исследование износоустойчивости подшипников качения с демпфирующим слоем в условиях вибрационного нагружения. - Дис. канд. техн. наук. Ростов н/Д., 1979. - 265 с.

9. Иргашев А.И. Износостойкости зубчатых передач –Т. : ТашГТУ, 2013 – 165с.

10. Шаповал Б.Г. Исследование влияния частоты вращения на изнашивание подшипников качения. в кн.: Динамика узлов и агрегатов сельскохозяйственных машин: Межвуз. сб. - Ростов н/Д. : Ин-т с.-х. машиностр., 1982.

11. Черменский О.Н. Влияние контактного трения на работоспособность подшипников качения / О.Н. Черменский // Вестник машиностроения. 2003 № 4. С. 39-43.

Literature

1. Tenenbaum M. M., Rosenbaum A. N. On the methodology for calculating the durability of wearing parts of agricultural machines, taking into account the nonlinearity of the dynamics of wear. Tractors and agricultural machinery, 1980, No. 10, P. 29-31.

2. Denysenko M. Production of wear-resistant parts of working bodies of soil-cultivating, forage harvesting and sowing machines / M. Denysenko, A. Opalchuk // Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine: a collection of scientific papers; UkrSRIFRT the name of L. Pogorelogo. Issue 18 (32), volume 1 - Kiev Doslidnicke, 2014. - 365 p.

3. Shustik L. Harrow teeth. Test results for the determination of abrasive wear / L. Shustik, V. Pogoriliy, S. Stepchenko, N. Nilova, O. Klochaj, S. Sidorenko // Technical and technological aspects of the development and testing of new machinery and technologies for Ukrainian agriculture: a collection of scientific papers; L Pogorilyy UkrNDIPVT.

Issue 25 (39). - Kiev Doslidnitske, 2019. – P.71-82.

4. Androsov A. A. Investigation of the operational load of bearing elements of combine harvesters of high productivity. Dis. Cand. tech. Sciences. - Rostov N / A., 1981. - 213 p.

5. Andriyenko JI. A. Rolling bearing resource prediction by the wear criterion / LA Andrienko // Reference book. Engineering Journal. 2001, No. 1 9, pp. 22-25.

6. Weinstock V. V. Plastic greases as a means of reducing abrasive wear / V.V. Weinstock // Practical tribology. World experience. Item 1. Ed. A.B. Chichinadze. Moscow: Science and Technology Center, 1994.

7. Weibull V. A. Fatigue tests and results analysis / Per. with him. -М. : Mechanical Engineering, 1969.

8. Avdeev V. K. Investigation of wear resistance of rolling bearings with a dumping layer under vibration loading conditions. - Dis. Cand. tech. Sciences. Rostov N / A, 1979. - 265 p.

9. Irashev A. I. Wear resistance of gears –Т. : TashGTU, 2013 - 165p.

10. Shapoval B.G. Investigation of Rotational Speed Influence on the Bearing of Rolling Bearings. in book: Dynamics of knots and aggregates of agricultural-military machines: Inter-university. Sat. - Rostov N / A.: Institute of Agricultural Sciences. Mechanical Engineering, 1982.

11. Chermensky O. N. The effect of contact friction on the performance of rolling bearings / ON. Chermensky // Bulletin of mechanical engineering. 2003 No. 4. P. 39-43.

Literatura

1. Tenenbaum M. M., Rozenbaum A. N. O metodike rascheta dolgovechnosti iznashivayushchikhsya detaley sel'khoz mashin s uchetom nelineynosti dinamiki iznashivaniya. Traktory i sel'khoz mashiny, 1980, № 10, S. 29-31.

2. Denysenko M. Vyhotovlennya znosostiykykh detaley robochykh orhaniv gruntoobrobnykh, kormozbyralnykh ta posivnykh mashyn/M. Denysenko, A. Opalchuk // Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoyi tekhniki i tekhnolohiy dlya silskoho hospodarstva Ukrayiny: zb. nauk.

pr. UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. Vypusk 18 (32), kn 1 - Doslidnyc'ke, 2014. - 365 c.

3. Shustik L. Zuby borin. Rezul'taty vyprobuvan' z vyznachennja abrazyvnogo znosu/L. Shustik, V. Pogorilyj, S. Stepchenko, N. Nilova, O. Klochaj, S. Sydorenko // Tekhniko-tehnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoyi tekhniky i tekhnolohiy dlya silskoho hospodarstva Ukrayiny: zb. nauk. pr. UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. Vypusk 25 (39). - Doslidnyc'ke, 2019. -S. 71-82.

4. Androsov A. A. Issledovanie jekspluatacionnoj nagruzhennosti nesushhih jelementov zernouborochnyh kombajnov povyshennoj proizvoditel'nosti. Dys. kand. tehn. nauk. - Rostov n/D. , 1981. - 213 s.

5. Andryenko II. A. Prognozirovanie resursa podshipnikov kachenija po kriteriju iznashivaniya / L. A. Andryenko // Spravochnyk. Ynzhenernyj zhurnal. 2001 № 9. S. 22-25.

6. Vajnshtok V. V. Plastichnye smazki kak sredstvo snizhenija abrazivnogo iznosa / V.V.

Vajnshtok // Prakticheskaja tribologija. Mirovoj opyt. T. 1. Pod red. A.V. Chychynadze. M.: Centr «Nauka i tehnika», 1994.

7. Vejbull V.A. Ustalostnye ispytaniya i analiz rezul'tatov / Per. s nem. - M.: Mashinostroenie, 1969.

8. Avdeev V.K. Issledovanie iznosostojkosti podshipnikov kachenija s dempfirujushhim sloem v uslovijah vibracionnogo nagruzheniya. - Dis. kand. tehn. nauk. Rostov n/D., 1979. - 265 s.

9. Irgashev A.I. Iznosostojkosti zubchatyh peredach -T. : TashGTU, 2013 - 165 s.

10. Shapoval B.G. Issledovanie vlijanija chastoty vrashhenija na iznashivanie podshipnikov kachenija. v kn.: Dinamika uzlov i agregatov sel'skoho zjajstvennyh mashin: Mezhevuz. sb. - Rostov n/D.: In-t s.-h. mashinostr., 1982.

11. Chermenskij O.N. Vlijanie kontaktnogo trenija na rabotosposobnost' podshipnikov kachenija / O.N. Chermenskij // Vestnik mashinostroenija. 2003, № 4. S. 39-43.

UDC 631.3-1/-9

STUDY OF THE VARIOUS ORIGIN ABRASIVE IMPURITIES INFLUENCE ON LUBRICANT PROPERTIES OF AGRICULTURAL MACHINERY BEARINGS

Podolsky M., Candidate of Science those. Sciences,
e-mail: Podolsky.Mihail@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1149-4275>

Lilevman I.,
e-mail: igorlilevman@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3123-5684>
Southern-Ukrainian branch of SSO «L. Pogorilyy UkrNDIPVT»

Fedorchuk D., postgraduate student,
e-mail: vistelon.fd@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1565-7067>
Kherson National Technical University

Summary

Rolling bearings of agricultural machines are operated under specific conditions with respect to most general-purpose rolling bearings, characterized by complex nature and high dynamic load, significant oil contamination by a wide range of products such as field dust, particles of machining crops, as well as their own wear products. This is especially important in cases where the lubrication process is performed once or twice during the normal maintenance period, rather than through the current lubrication. Therefore, additional studies on the effects of various abrasive and mechanical properties of abrasive inclusions that may be contained in the lubricants on the wear process and the condition of the bearings are required.

Goal. *Investigate the degree of influence on the wear of rolling bearings of agricultural machines the size and materials of abrasive particles that contaminate the oil, as well as the loads acting on the*

bearings and the time of their operation. Monitor the processes occurring in the area of friction of the bearing surfaces.

Research methods: theoretical - analysis of the researched literature information resources, and also experimental - carrying out resource tests of bearings by means of the created stand under the conditions which are as close as possible to real working conditions of a detail in a car unit.

Results. The analysis of the literature sources in which the question of search of the reasons of wear of rolling bearings applied in agricultural machines is covered, the search of the information on practical indicators of reliability of grain-harvesting and tillage equipment on the basis of which the basic factors influencing friction process were established in rolling vapors, including mechanical and physical indicators of contaminants that may enter the bearing oil.

An experimental stand has been assembled to perform resource research, which provides the required accuracy and repeatability of the conditions of bearing tests with a single application of various foreign abrasive materials of inorganic and organic origin. With the help of laboratory equipment (indicators, microscopes, profilometers) the condition of wear surfaces was studied according to the criteria of abrasive residues and the percentage of wear of node elements caused by friction, as well as the criterion of surface roughness.

Conclusions. According to the results of the study it was found that:

1) the concentration in the bearing oil of the products of its wear depends almost linearly on the size of the abrasive particles. However, when the size of the abrasive particles increases over 55 μm , there is a decrease in the value of the increase in the concentration of bearing wear products, as the abrasive particles are displaced from the friction zone;

2) when the radial load applied to the bearing is up to 2 kN, the concentrations of wear products in the oil have the lowest value (up to 0.6%). With a further increase in the radial load to (2.5-3.5) kN there is a sharp increase in the concentration of wear products;

3) after eight hours of bearing operation, the concentration in the oil of its wear products decreases, which is due to the partial displacement of the lubricant with the abrasive from the contact zone of the rolling friction surfaces and as a result - reducing their impact;

4) after eight hours of operation there is a significant decrease in the roughness of the rolling friction surfaces in the bearing, due to the penetration into the microroughness of cellulose acetate particles under the influence of pressure of a certain value with the formation of a temporary buffer layer between friction pairs. With a further experiment lasting more than fifteen hours, the amount of lubricant in the contact area decreases and the effect on the roughness of the friction surfaces of the abrasive PPO6052016 and the polymer based on cellulose acetate again increases almost equally.

Key words: agricultural machinery, rolling bearings, friction, abrasive impurities, wear, resource.

УДК 631.3-1/-9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АБРАЗИВНЫХ ПРИМЕСЕЙ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА СВОЙСТВА СМАЗКИ ПОДШИПНИКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Подольский М., канд. тех. наук, доцент,

e-mail: Podolsky.Mihail@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1149-4275>

Лилевман И.,

e-mail: igorlilevman@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3123-5684>

Южно-Украинский филиал ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

Федорчук Д., аспирант,

e-mail: vistelon.fd@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1565-7067>

Херсонский национальный технический университет

Аннотация

Подшипники качения машин сельскохозяйственного назначения эксплуатируются в специфических условиях по отношению к большинству подшипников качения общего назначения, характеризуются сложным характером и высоким уровнем динамической нагрузки, значительным загрязнением масла широким кругом продуктов, таких как полевая пыль, частички обрабатываемых техникой растительных культур, а также собственные продукты износа. Это имеет особое значение в тех случаях, когда процесс смазки выполняется однократно за регламентный период обслуживания, а не путем текущей смазки. Поэтому необходимо проведение дополнительных исследований влияния различных по происхождению и механическими свойствами абразивных включений, которые могут содержаться в маслах на процесс изнашивания и состояние подшипников.

Цель. Исследовать степень влияния на износ подшипников качения сельскохозяйственных машин размера и материалов абразивных частиц, загрязняющих масло, а также действующих на подшипники нагрузок и времени их работы. Отследить процессы, протекающие в зоне трения рабочих поверхностей подшипников.

Методы исследований: теоретический - анализ исследуемых литературных информационных ресурсов, а также экспериментальный - проведение ресурсных испытаний подшипников с помощью созданного стенда при максимально приближенным к реальным условиям работы детали в узле машины.

Результаты. Проведен анализ литературных источников, в которых рассматривается вопрос поиска причин износа подшипников качения, применяемых в сельскохозяйственных машинах, выполнен поиск информации по практическим показателям надежности зерноуборочной и почвообрабатывающей техники, на основе чего были установлены основные факторы, влияющие на процесс трения в парах качения, в том числе - механические и физические показатели загрязняющих включений, которые могут попадать в смазку подшипников.

Собран экспериментальный стенд для выполнения ресурсных исследований, который обеспечивает нужную точность и повторяемость условий проведения испытаний подшипников при однократном внесении различных посторонних абразивных материалов неорганического и органического происхождения. С помощью лабораторного оборудования (индикаторов, микроскопов, профилметров) изучено состояние поверхностей износа по критериям наличия остатков внесенного абразива и по проценту износа элементов узла, появившегося в результате процесса трения, а также по критерию шероховатости поверхности.

Выводы. По результатам исследования установлено, что:

1) концентрация в смазке подшипника продуктов его износа практически линейно зависит от размера абразивных частиц. Однако, при увеличении размера абразивных частиц более 55 мкм наблюдается падение величины прироста концентрации продуктов износа подшипника, поскольку абразивные частицы вытесняются из зоны трения;

2) когда радиальная нагрузка, приложенная к подшипнику, составляет до 2 кН, концентрации продуктов износа в масле имеют наименьшее значение (до 0,6%). При дальнейшем повышении радиальной нагрузки до (2,5-3,5) кН происходит резкое повышение роста концентрации продуктов износа;

3) после восьмичасовой работы подшипника концентрация в масле продуктов износа подшипника снижается, что обусловлено частичным вытеснением смазочного материала с абразивом из пятна контакта поверхностей трения качения и в результате - уменьшением их влияния;

4) после восьми часов работы смазка, загрязненная частицами органического происхождения образует временный буферный слой между парами трения в подшипнике, что значительно снижает шероховатость его рабочих поверхностей. При работе подшипника более пятнадцати часов, количество смазки в зоне трения уменьшается и независимо от загрязнения органическими или неорганическими включениями шероховатость поверхностей трения снова возрастает почти в равной степени.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, подшипники качения, трение, абразивные примеси, износ, ресурс.