

УДК 621.891

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.47-54](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.47-54)**А.Б. Гупка**, доц., канд. техн. наук*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна***В.В. Аулін**, проф., д-р техн. наук*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна***Г.Б. Цьонь**, канд. техн. наук., ст. викладач, **В.М. Буховець**, доц., канд. техн. наук,**Т.Б. Пиндус**, асист.*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна**e-mail: Gupkab@gmail.com*

Оцінка величини і характеру зношування зірочок ланцюгових передач сільськогосподарських машин

У статті досліджено процес зношування зірочок ланцюгових передач бурякозбиральних машин, зокрема механізму викопування та очищення буряків. Встановлено, що основною причиною інтенсивного зношування зірочок є вплив абразивних частинок. Проаналізовано результати комплексних випробувань та визначено основні статистичні характеристики процесу зношування зірочок. Запропоновано використання розподілу Вейбулла-Гнеденка для опису закону розподілу експлуатаційного ресурсу зірочок. Обґрунтовано можливі шляхи підвищення ресурсу зірочок, зокрема впровадження зміцнювальних технологій та заходів щодо зниження впливу абразиву.

зношування, абразивні частинки, ресурс машин, ланцюгові передачі, зірочки

Постановка проблеми. Ланцюгові передачі широко застосовуються в трансмісіях бурякозбиральних машин, проте їх основним недоліком є інтенсивне зношування зірочок через вплив абразивних частинок, що призводить до зниження ресурсу роботи механізмів. Найбільшого зношування зазнають зірочки викопувально-очисного механізму, оскільки вони працюють у найбільш забрудненому середовищі. Відсутність ефективних методів прогнозування та зменшення зношування ускладнює подовження терміну служби цих деталей та підвищення надійності всієї машини [1,2]. Тому актуальним є дослідження закономірностей процесу зношування зірочок, розробка методів оцінки їх ресурсу та визначення заходів щодо підвищення зносостійкості для забезпечення більшої довговічності техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема зношування зірочок ланцюгових передач у сільськогосподарській техніці, є актуальною темою досліджень. Основними причинами втрати працездатності ланцюгових передач є знос шарнірів ланцюга, що призводить до подовження ланцюга та порушення його взаємодії із зірочками, а також знос зубів зірочок [3,4]. Для відновлення зношених зубів застосовують методи наплавлення спеціальними електродами або комбінованими шарами, що дозволяє продовжити термін служби даних деталей [5-7].

Важливим аспектом є правильний вибір конструктивних параметрів та способів виготовлення зірочок для ланцюгових передач. Зірочки можуть виготовлятися з різних матеріалів, таких як конструкційна вуглецева сталь марки 45, технічна нержавіюча сталь або чавун. Залежно від умов експлуатації та вимог замовника, зірочки можуть мати різні конструкційні особливості, включаючи наявність маточини, загартовані зуби або бути багатозубними. Правильний вибір та виготовлення зірочок сприяють підвищенню їх зносостійкості та експлуатаційної надійності [8-10].

Сучасні дослідження та публікації зосереджені на вивченні причин зношування зірочок ланцюгових передач, розробці методів їх відновлення та підвищення

зносостійкості, а також на оптимізації вибору матеріалів і конструкційних особливостей зірочок для забезпечення надійної та тривалої роботи сільськогосподарської техніки [11,12].

Постановка завдання. Метою даної роботи є дослідження закономірностей зношування зірочок ланцюгових передач бурякозбиральних машин, оцінка їх довговічності та розробка рекомендацій щодо підвищення зносостійкості. Для досягнення цієї мети аналізуються результати експериментальних випробувань, встановлюються статистичні характеристики зношування та моделюється розподіл ресурсу зірочок. Також розглядаються можливі методи зменшення інтенсивності зношування, зокрема шляхом використання нових матеріалів, впровадженням зміцнювальних технологій та оптимізацією експлуатаційних умов.

Виклад основного матеріалу. Ланцюгові передачі є невід'ємною складовою трансмісії сільськогосподарської техніки, зокрема машин для збирання коренеплодів. Основним недоліком цих передач є інтенсивне абразивне зношування зубців зірочок, що зумовлено потраплянням частинок ґрунту та інших твердих включень у робочу зону [1,8]. Особливо високі рівні зношування спостерігаються у викопувально-очисних механізмах, які працюють в умовах підвищеного запилення та постійного механічного контакту з ґрунтом і рослинними залишками.

Значний вплив на інтенсивність зношування має матеріал виготовлення зірочок, методи їх термообробки та умови експлуатації [9-11]. У сільськогосподарських машинах найбільша ступінь зношування зірочок зафіксована саме у вузлах, що взаємодіють із коренеплодами та ґрунтовими частинками. При цьому зміна робочого профілю зубців впливає на стабільність роботи передачі, викликаючи додаткові динамічні навантаження, вібрації що прискорюють процес руйнування деталей.

В загальному, швидкість зношування зубів зірочок в межах допустимих значень зношування змінюється по мірі збільшення тривалості роботи τ передачі і рівняння динаміки зношування має вигляд:

$$w = \left[\frac{a_n (1 + C_n \alpha) \sqrt{P}}{K_{zn}} \tau \right]^\beta, \quad (1)$$

де a_n – коефіцієнт інтенсивності зношування в середовищі технічно чистого повітря;

C_n – коефіцієнт, що враховує наявність пилу в повітрі біля передачі;

α – коефіцієнт відносної абразивності пилу, $\alpha=3\dots 8$;

P – колове зусилля;

K_{zn} – коефіцієнт відносної зносостійкості матеріалу вінця зірочки;

τ – час випробування;

β – степінь, що характеризує інтенсивність зношування, $\beta = 2/3$.

В процесі роботи зірочки в залежності від конкретних умов експлуатації параметри C_n , α , P , а також K_{zn} , змінюються в певних межах і можуть бути оцінені статистичними показниками.

Дослідження процесу зношування проводилось на основі аналізу даних періодичних випробувань бурякозбиральних машин. У ході досліджень зафіксовані значення зношування зубців зірочок після 165 годин роботи, які варіювалися у межах від 0,10 мм до 0,76 мм. Загальний розмах зношування склав $R_w = w_{max} - w_{min} = 0,66$ мм. Середнє арифметичне значення зношування склало $w_c = 0,4$ мм, середньоквадратичне відхилення становило $\sigma_w = 0,176$ мм, а коефіцієнт варіації – $v_w = \sigma_w / w_c = 0,44$.

Аналіз отриманих даних дозволив побудувати гістограму розподілу величини зношування зірочки, яка була розділена на шість груп із кроком $\Delta w = R_w / 6 = 0,11$ мм мм.

Встановлено, що найкращу апроксимацію отриманих статистичних даних забезпечує розподіл Вейбулла-Гнеденка, що підтверджується χ^2 - критерієм Пірсона. Це дає змогу більш точно прогнозувати зміну ресурсу зірочок залежно від умов їх експлуатації. Розподіл Вейбулла-Гнеденка ресурсу t зірок ланцюгової передачі сільськогосподарської машини має вигляд:

$$f(t) = b/a \cdot (t/a)^{b-1} e^{-(t/a)^b} \quad (2)$$

Коефіцієнти функції щільності розподілу зношування (2) відповідно становлять $b_w=2,42$; $a_w=0,45$. Графік зміни функції $f(t)$, узгоджений з масштабом гістограми, (рис. 1.)

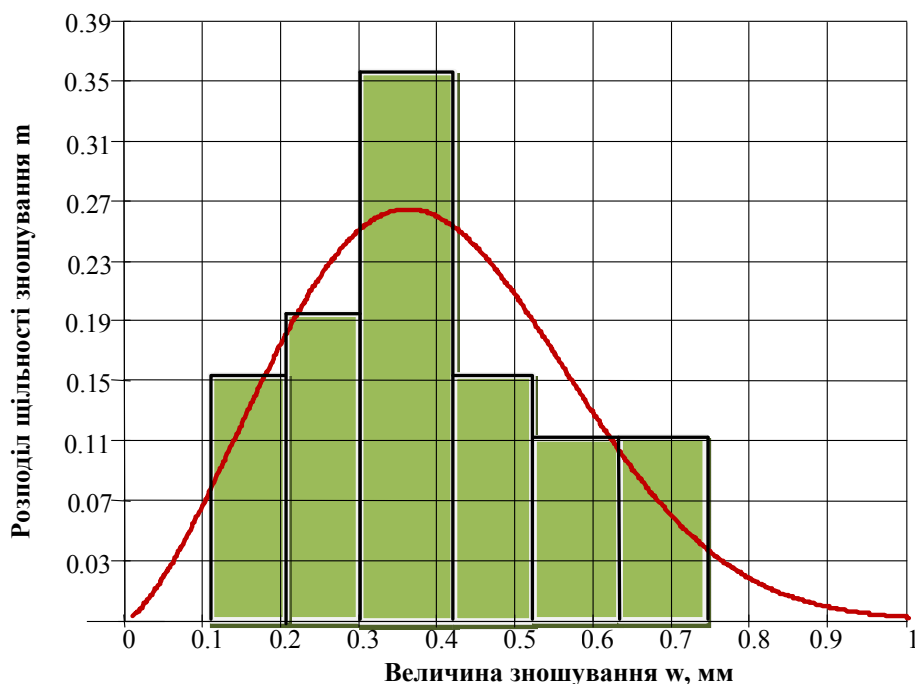


Рисунок 1 – Гістограма величини зношування зірочок та крива розподілу щільності зношування

Джерело: розроблено авторами

Правомірність використання вказаного розподілу наочно підтверджується відповідністю функцій ймовірності розподілу зірочок за величиною їх зношування для обох випадків (рис. 2).

Оскільки параметри роботи ланцюгової передачі змінюються в широких межах, оцінити вплив окремих факторів на зношування без додаткового моделювання складно. Водночас застосування статистичних методів дозволяє визначити середню швидкість зношування за період напрацювання $t = 160$ год становить $v_w = 0,0025$ мм/год, розмах $R_v = 0,0041$ мм/год, середньо-квадратичне відхилення швидкості зношування $\sigma_v = 0,0014$. Враховуючи закономірність динаміки зношування, термін служби зірочок T_d за даними випробувань базової поверхні (часом випробування τ_i) зв'язаний залежністю:

$$\frac{T_d}{\tau_i} = \left(\frac{w_n}{w_i} \right)^{1/\beta} \quad (3)$$

де w_n - граничне зношування робочої поверхні зубів зірочки.

Застосування статистичних методів аналізу дозволяє змодельовати ресурс роботи зірочок методом Монте-Карло. Отримані результати показали, що середній ресурс експлуатації зірочок становить 444,4 год, при середньоквадратичному відхиленні 264,4 год, а коефіцієнт варіації $v_T = 0,53$.

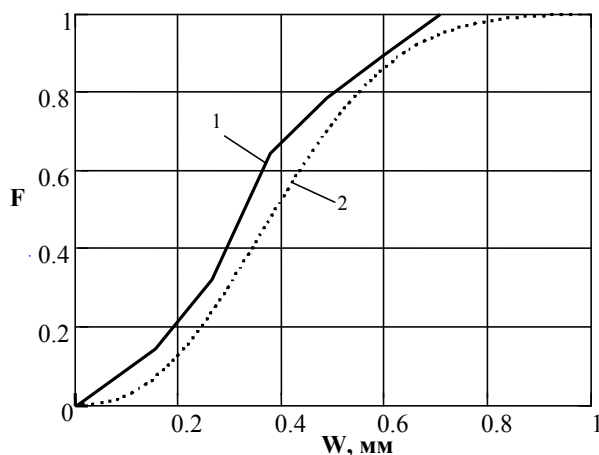


Рисунок 2 - Розподіл ймовірності зірочок за величиною зношування, відповідно, для досліджуваної вибірки (1) та за залежністю (2)

Джерело: розроблено авторами

Очікуваний розподіл ресурсу роботи зірочки можна вирівняти кривою розподілу Вейбулла-Гнеденка із параметрами $b_m=2$; $a_m=499,7$.

Розмах часу роботи зірочки за статистичною оцінкою величини зношування в першому наближенні можна визначити за залежністю

$$R_T = T_{\partial \max} - T_{\partial \min} = \tau w_{zp}^{1/\beta} \left(\frac{1}{w_{\min}^{1/\beta}} - \frac{1}{w_{\max}^{1/\beta}} \right), \quad (4)$$

де w_{\min} та w_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна величина зношування зірочок за даними спостережень;

w_{zp} - гранична величина зношування;

Графічне відображення функції розподілу щільності зношування для випадку абразивного зношування зірочки ланцюгової передачі бурякозбирального комбайну наведено на рис. 3.



Рисунок 3 - Крива розподілу часу напрацювання зірочки до досягнення граничного зношування

Джерело: розроблено авторами

Для підвищення довговічності зірочок у складі ланцюгових передач запропоновано впровадження сучасних зміцнювальних технологій. Зокрема, ефективними методами підвищення зносостійкості є вібраційне накатування профілю зубців, лазерне або плазмове загартування робочої поверхні, а також застосування композитних матеріалів при виготовленні деталей [1]. Крім того, важливими заходами щодо зменшення інтенсивності зношування є вдосконалення системи змащення, використання захисних кожухів для мінімізації впливу абразивних частинок та оптимізація профілю зубців, що сприяє зниженню питомого навантаження.

Результати проведених досліджень підтверджують, що комплексний підхід до вибору матеріалів, методів термообробки та оптимізації експлуатаційних умов дозволяє значно зменшити інтенсивність зношування деталей ланцюгових передач, що сприяє підвищенню експлуатаційної надійності та збільшенню терміну строку служби сільськогосподарської техніки.

Аналіз випробувань засвідчив реальні можливості суттєвого покращення ресурсу роботи зірочок і ланцюгових передач загалом, зокрема у виконувально-очисних механізмах бурякозбиральних машин та аналогічних вузлах сільськогосподарської техніки. Практичний досвід доводить, що завдяки підвищенню технологічної дисципліни, суворому дотриманню технічних вимог механічної та термічної обробки зірочок, а також стабілізації параметрів зносостійкості матеріалів можна досягти зниження середньої величини зношування зірочок на 5–10%, при цьому зменшуючи його середньоквадратичне відхилення на 7–15%.

Застосування зміцнювальних технологій, зокрема вібраційного накатування поверхні профілю зубців, дозволяє суттєво зменшити середню величину зношування зірочок на 40–60%. Це відкриває перспективи значного збільшення терміну служби ланцюгових передач, що є особливо актуальним для інтенсивно навантажених механізмів сучасної сільськогосподарської техніки.

Мінімальний термін служби зірочок визначаємо за результатами випробувань. Оскільки за період напрацювання $t = 60$ год, максимальне зношування зірочок становило $W_{\max} = 0,76$ мм, то

$$T_g^{\min} = t \left(\frac{W_{cp}}{W_i} \right)^{\frac{1}{\beta}} = 241,5 \text{ год.}$$

Довірча ймовірність розсіювання значення мінімального терміну служби визначається квантиллю розподілу Вейбулла-Гнеденка:

$$\frac{H}{2}(\alpha) = \frac{C_{em} T_g^{\min}}{v_m T_g}, \quad (5)$$

де $C_{em} = 0,46$ – параметр розподілу терміну служби зірочки із заданим коефіцієнтом варіації $v_m = 0,53$.

Відповідно довірча ймовірність розсіювання α становить 20%.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що середній ресурс роботи зірочок до досягнення граничного зношування становить приблизно третину від загального терміну їхньої служби, який коливається в межах 1200–1500 мотогодин. Водночас мінімальний ресурс роботи є недостатнім, що створює значний ризик виходу зірочок із ладу безпосередньо в період збирання врожаю, що може призводити до простоїв техніки та зниження продуктивності сільськогосподарських машин.

Значний коефіцієнт варіації ресурсу свідчить про високу нерівномірність зношування зірочок, що зумовлено різними експлуатаційними факторами, зокрема режимами навантаження, якістю матеріалу, станом змащувальної системи та рівнем абразивного впливу. При цьому швидкість зношування визначається функціонально залежністю від сукупності зазначених факторів, що потребує детальшого аналізу для розробки ефективних заходів щодо підвищення довговічності даних деталей:

$$V_w = \frac{dW}{d\tau} = \frac{\beta K_v P^2}{\tau^{1-\beta}}, \quad (6)$$

де $K_v = \left[\frac{a_n(1 + C_n \alpha)}{K_{zn}} \right]^\beta$ – коефіцієнт швидкості зношування.

Для випадку відкритих ланцюгів передач швидкість зношування зірочок дорівнює:

$$V_w = \frac{2}{3} K_v \sqrt[3]{\frac{P}{\tau}}. \quad (7)$$

Крім цього впровадження простих та ефективних конструкцій протипилового захисту ланцюгових передач та їх надійного змащення в період експлуатації за попередніми розрахунками дозволяє збільшити ресурс роботи зірочок і ланцюгів у 3...4 рази, а γ -відсоткове напрацювання ($\gamma=10$) - у 5...8 раз.

Техніко-економічний ефект від зменшення зношування зірочок проявляється не тільки в підвищенні ресурсу їх роботи, але й в суттєвому зменшенні динамічних навантажень в приводі і підвищенню експлуатаційної надійності всієї машини в цілому.

Висновки:

1. Аналіз процесу зношування зірочок ланцюгових передач бурякозбиральних машин підтвердив значний вплив абразивних частинок, що потрапляють у зону контакту зубців із ланцюгом, спричиняючи нерівномірне зношування та зменшення ресурсу роботи.

2. Середній ресурс роботи зірочок до досягнення граничного зношування становить близько 1200–1500 мотогодин, що відповідає приблизно третині загального терміну служби. Водночас мінімальний ресурс є недостатнім і створює ризик передчасного виходу зірочок із ладу під час експлуатації.

3. Результати випробувань показали значний коефіцієнт варіації ресурсу, що свідчить про високу нерівномірність зношування зірочок залежно від експлуатаційних умов, зокрема навантаження, абразивного середовища та якості матеріалів.

4. Застосування зміцнювальних технологій, таких як вібраційне накатування, лазерне або плазмове загартування, а також використання композитних матеріалів, дозволяє зменшити середню величину зношування зірочок на 40–60%, що значно продовжує термін їх експлуатації.

5. Вдосконалення системи змащення та застосування протипилових кожухів дає можливість збільшити ресурс зірочок і ланцюгів у 3–4 рази, а зменшення динамічних навантажень у приводі сприяє підвищенню довговічності всієї машини.

6. Використання методів прогнозування ресурсу, зокрема моделювання за розподілом Вейбулла-Гнеденка, дозволяє точніше оцінити тривалість роботи зірочок залежно від умов експлуатації, що є важливим для технічного обслуговування, ремонту та планування заміни деталей.

7. Зниження зношування зрічок сприяє не лише підвищенню їхнього ресурсу, а й покращенню надійності всієї бурякозбиральної техніки, що позитивно впливає на продуктивність та економічну ефективність її використання

Список літератури

1. Аулін В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки : Дисертація д-ра техн. наук: 05.02.04. Хмельницький, 2015. 360 с.
2. Аулін В.В., Бобрицький В.М. До проблеми видів та природи зношування робочих органів машин, що працюють з ґрунтами Матеріали II наукової конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки», (Миколаїв 22-24 жовтня 2012 р.) Миколаїв: НУК. С. 88-89.
3. Прасолов Є. Я., Лапенко Т. Г., Бондаренко О. Ю. Підвищення стійкості деталей проти зношування двигунів сільськогосподарської техніки. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. № 4. С. 95–101.
4. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Синій С. В. та ін. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки. Луцьк: ЛДТУ, 1999. 168 с.
5. Денисенко М.І., Зазимко О.В., Лабунець В.Ф. Дослідження поверхонь тертя робочих органів ґрунтобробних сільськогосподарських машин. Проблеми тертя та зношування. 2016. № 1 (70). С. 150-153.
6. Dvoruk V. I., Borak K. V., Buchko I. A. Destruction of Steel, by the Work-Hardened Speed Electrothermal Treatment at Wear by Friction of Skidding at the Non-Rigid Envisaged Abrasive // Journal of Friction and Wear, 2022, Vol. 43, No. 3, pp. 255–264
7. Dvoruk V. I., Borak K. V., Buchko I. A., and N. A. Kirienko N. A. Influence of Soil Type on Breaking of Low-Alloy Steels during Wear // Journal of Friction and Wear, 2022, Vol. 43, No. 6, pp. 383–390
8. В.І. Дворук, М.В. Кіндрачук, О.В. Герасимова. Визначення поверхневої енергії металів при абразивному зношуванні. Фізика і хімія твердого тіла. 2006. Т.7, № 3. С. 560 – 563.
9. Вишневецький О. А., Давидов О. С. Вплив деформації та площі поверхні тертя на процес зношування. Системи озброєння і військова техніка. 2023. № 2 (74). С. 68-71.
10. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Haponenko O. I., Ohienko M. M., Kulik V. P. Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. INMATEH. Agricultural Engineering. 2020. Bucharest. Vol. 60. No 1. P. 45–52. DOI: 10.35633/INMATEH-60-05.
11. Роговський І. Л. Алгоритмічність визначення періодичності відновлення працездатності сільськогосподарських машин за ступенем витрат їх ресурсу. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 1. P. 155-162. DOI: 10.31548/machenergy.2020.01.155-162.
12. Аулін, В. В., Ляшук, О. Л., Гупка, А. Б., Лисенко, С. В., Гриньків, А. В. Фізична модель для виявлення впливу масштабного фактору на трибологічні процеси в зоні контакту зразків та деталей. Кропивницький. 2020. ЦНТУ, С. 16-18.

References

1. Aulin V. V. (2015). Tribophysical foundations of increasing the wear resistance of parts and working bodies of agricultural machinery: Dissertation of Dr. Tech. Sciences: 05.02.04. Khmelnytskyi, 360 p. [in Ukrainian]
2. Aulin V.V., & Bobrytskyi V.M. Do problemy vydiv ta pryrody znoshuvannia robochykh orhaniv mashyn, shcho pratsiuiut z hruntamy Materialy II naukovoї konferentsii «Aktualni problemy inzhenernoї mekhaniky», (Mykolaiv 22-24 zhovtnia 2012 r.) Mykolaiv: NUK. P. 88-89. [in Ukrainian]
3. Prasolov, E. Ya., Lapenko, T. G., & Bondarenko, O. Yu. (2014). Increasing the resistance of parts to wear of agricultural equipment engines. Scientific Progress & Innovations, (4), 95–101. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.04.17>[in Ukrainian]
4. Gevko R. B., Tkachenko I. G., Syniy S. V., etc. (1999). Directions for improving beet harvesting equipment. Lutsk: LDTU. 168 p. [in Ukrainian]
5. Denisenko M.I., Zazimko O.V., & Labunets V.F. (2016) Research of friction surfaces of working bodies of tillage agricultural machines. Problems of friction and wear.. No. 1 (70). P. 150-153. [in Ukrainian]
6. Dvoruk V. I., Borak K. V., & Buchko I. A. (2022) Destruction of Steel, by the Work-Hardened Speed Electrothermal Treatment at Wear by Friction of Skidding at the Non-Rigid Envisaged Abrasive // Journal of Friction and Wear, Vol. 43, No. 3, pp. 255–264 [in English]

7. Dvoruk V. I., Borak K. V., Buchko I. A., and N. A. & Kirienko N. A. (2022) Influence of Soil Type on Breaking of Low-Alloy Steels during Wear // Journal of Friction and Wear, Vol. 43, No. 6, pp. 383–390 [in English]
8. V.I. Dvoruk, M.V. Kindrachuk, & O.V. Gerasimova. (2006) Determination of the surface energy of metals during abrasive wear. Physics and Chemistry of Solids. Vol. 7, No. 3. P. 560 – 563. [in Ukrainian]
9. Vyshnevskiy O. A., & Davydov O. S. (2023) The influence of deformation and friction surface area on the wear process. Armament Systems and Military Equipment.. No. 2 (74). P. 68-71. [in Ukrainian]
10. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Haponenko O. I., Ohiienko M. M., & Kulik V. P. (2020) Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. INMATEH. Agricultural Engineering.. Bucharest. Vol. 60. No. 1. P. 45–52. DOI: 10.35633/INMATEH-60-05. [in English]
11. Rogovsky I. L. (2020) Algorithmic determination of the periodicity of restoration of the working capacity of agricultural machines by the degree of their resource consumption. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine.. Vol. 11. No. 1. P. 155-162. DOI: 10.31548/machenergy.2020.01.155-162. [in Ukrainian]
12. Aulin, V. V., Liashuk, O. L., Hupka, A. B., Lysenko, S. V., Hrynkiv, A. V., Aulyn, V. V., & Hrynkiv, A. V. (2020). Fizychna model dlia vyivlennia vplyvu masshtabnoho faktor na trybolohichni protsesy v zoni kontaktu zrazkiv ta detalei. [in Ukrainian]

Andrii Gypka, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil Ukraine

Victor Aulin, Prof., DSc.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Ann Tson, PhD tech. sci., Senior Lecturer,

Valeriy Buhovets, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Tetyana Pyndus**, Assistant

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil Ukraine

Assessment of the Magnitude and Nature of Wear of Sprockets of Chain Drives of Agricultural Machines

The article investigates the wear process of sprockets of chain drives of beet harvesters, in particular the mechanism for digging and cleaning beets. It was found that the main cause of intensive wear of sprockets is the influence of abrasive particles contained in the soil and plant residues. This leads to a change in the geometry of the sprocket teeth, disruption of interaction with the chain and, accordingly, a decrease in the operational resource of the transmission.

Based on experimental studies, an analysis of the statistical characteristics of the wear process was carried out, the average wear rate, the range of oscillations and the coefficient of variation were determined. To describe the wear patterns, the Weibull-Gnedenko distribution was used, which allows predicting the durability of sprockets depending on the operating conditions. In particular, it was found that the average service life of sprockets before reaching the limit of wear is about 1200–1500 engine hours, however, a significant coefficient of variation indicates uneven wear in different operating conditions.

The influence of materials and processing methods on the wear resistance of sprockets is considered. It was determined that the use of structural steels with hardened teeth significantly reduces the level of wear, and the use of special hardening technologies, such as vibration rolling, laser or plasma hardening, allows you to reduce the average wear rate by 40–60%. Measures to reduce the impact of abrasive particles are also proposed, in particular, improving the lubrication system and using protective covers to minimize dust and soil from entering the working area of the chain transmission.

The results of the research confirm that a comprehensive approach to increasing the wear resistance of chain transmission sprockets allows you to significantly improve their operational characteristics. The use of developed resource prediction methods, optimization of materials and the introduction of the latest hardening technologies can increase the service life of sprockets by 3–4 times, which directly affects the reliability and durability of agricultural machinery.

wear, abrasive particles, machine life, chain drives, sprockets

Одержано (Received) 11.11.2024

Прорецензовано (Reviewed) 13.12.2024

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2024