

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ З ПОЛІМЕРНИМИ ДЕТАЛЯМИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Аулін В. В., Деркач А. Д., Макаренко Д. А., Гриньків А. В., Крутоус Д. І., Муранов Є. С.

Об'єктом дослідження є процес контролю граничного зносу полімерно-композиційних втулок підшипникового вузла паралелограмного механізму посівних машин. Даний процес чітко проявляється під час визначення справного стану рухомих з'єднань машин, що працюють у важких умовах експлуатації. Виконані дослідження спираються на принцип розриву активної ланки. Діагностика, побудована за даним принципом, дає можливість в достатній точності стверджувати про вихід з ладу контрольної ланки спряжень деталей. Основна гіпотеза дослідження полягає в тому, що розробивши систему діагностики на основі контролю композиційних втулок можливо визначити межі нормального функціонування посівних секцій в цілому. Вирішення даного питання без втручання в конструкцію самої посівної секції неможливо. Оскільки матеріалом втулки є полімерний композит, який має достатній опір, щоб не пропускати електричний струм, то створюються умови для реалізації запропонованої діагностичної системи. В даній роботі побудовано регресійну модель для контролю та виявлення зміни бокового люфта від напрацювання посівного комплексу. Шляхом аналізу отриманих даних можливо встановити взаємозв'язок між діагностичним параметром, а саме, фіксацією розриву активної ланки, що проходить поблизу робочої поверхні композиційної втулки. Основними обмеженнями під час розробки даної діагностичної системи є межі контрольних зазорів у спряженнях, а також наявність діелектричних матеріалів для контрольних деталей. У випадку значного залягання активної розривної ланки або неправильного підбору необхідного її діаметру, даний метод діагностування може недоречно спрацювати і діагностична система стає не ефективною. В роботі відображено вчасність та раціональність спрацювання розробленої діагностичної системи. На базі такої діагностичної системи можливо створити автоматизований діагностичний комплекс для контролю технічного стану паралелограмних механізмів посівного комплексу в цілому.

Ключові слова: граничний зазор, підшипниковий вузол, боковий люфт, паралелограмний механізм, полімерна втулка, посівна секція.

1. Вступ

Впровадження системи діагностування підшипникових вузлів є важливою науково-технічною проблемою, що дає змогу оцінити їх технічний стан під час експлуатації [1–3]. Реалізація даних систем в машинах, що експлуатуються у важких експлуатаційних умовах також створює оптимальні умови для

виконання операцій технічного сервісу контрольних вузлів та технічних систем [4–6]. Вчасна заміна деталей рухомих з'єднань дає змогу значно зменшити технологічні витрати під час використання сільськогосподарських машин. Таким чином, при несправності паралелограмних механізмів посівних комплексів можливі втрати 4–19 % прибутку по врожайності в аграрних підприємствах. Для підвищення надійності паралелограмних механізмів посівних комплексів запропоновано використовувати полімерно-композиційні втулки. Запровадження даних деталей також потребує їх вчасної заміни, оскільки при певних зазорах в рухомих спряженнях інтенсивно протікають процеси руйнування на зношування матеріалу втулки. Тому розробка системи діагностування підшипникового вузла є досить актуальним науково-технічним завданням, що потребує вирішення.

Об'єктом дослідження є процес контролю граничного зносу полімерно-композиційних втулок підшипникового вузла паралелограмного механізму посівних комплексів. *Мета дослідження* – створення системи діагностування підшипникових вузлів з деталями полімерних матеріалів посівних комплексів під час їх експлуатації.

2. Методика проведення досліджень

Для розробки системи діагностування полімерно-композиційних підшипників було використано принцип розриву активної ланки. Даний принцип характеризується, тим що гранична величина зношування контролюється шляхом розриву електричного ланцюга, що залягає на необхідній глибині в матеріалі деталі [7–9]. Полімерний композит має електричний опір, що дає змогу використовувати електричний дріт з мінімальним діаметром. Граничний зазор, що утворюється під час зношування в підшипниковому вузлі паралелограмного механізму посівних машин, складає величину 0,6–0,7 мм. Це було визначено під час сервісного обслуговування Turbosem II 19-60 (Україна) шляхом вимірювання відпрацьованих полімерних втулок за допомогою цифрового мікрометра SHANE 5401-400 (Китай) та наступним порівнянням їх розмірів з новими втулками рухомих спряжень. Посівний комплекс з посівними секціями, які мають зношені втулки, не може забезпечити необхідну точність висіву насіння в ґрунт на полі. Знос у втулках в межах 0,03–0,07 мм створює люфт 4–5 см від осі посівної секції в лівий та правий бік. Огляд та контроль можна та необхідно проводити кожні 96 годин напрацювання посівного комплексу Turbosem II 19-60. Полімерно-композиційні втулки виготовлені шляхом лиття під тиском з матеріалу ВПА-6-30. Мідний дріт з діаметром 0,3 мм вкладався в спіральну канавку з кроком витка 8 мм на композитній втулці, що дає змогу контролювати знос робочої поверхні втулки. Крок витка повинен складати не більше 30 % довжини контрольованої робочої поверхні [10]. На обох торцевих поверхнях втулок змонтовано щітковий вузол ковзання, до якого під'єднано мідний дріт діаметром 0,3 мм.

На рис. 1 представлено функціональний зміст діагностичної системи. Система включає в себе код та принципову електричну схему з'єднання.

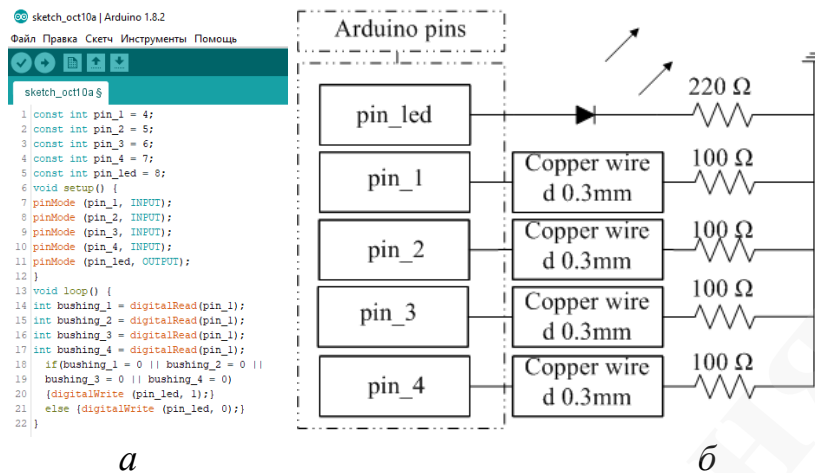


Рис. 1. Функціональний зміст системи діагностування: *а* – програмний код; *б* – принципова електрична схема

Електронна частина реалізована на платі Arduino Mini з мікроконтролером ATmega 328 (Китай) з 14 цифровими входами/виходами, що в повній мірі достатньо для однієї посівної секції Turbosem II 19-60. Дана система спрацьовує, коли будь-який дріт полімерної втулки зазнає зношування, яке розриває електричне коло. В даному випадку для досліджуваної секції загориться сигнальний світлодіод.

3. Результати досліджень та обговорення

Під час експлуатації посівного комплексу Turbosem II 19-60 з посівними секціями, що в своєму комплекті мають підшипникові вузли з полімерними композитами, спостерігали збільшений ресурс майже в 1,8 рази більше у порівнянні з базовими стальними вузлами. Показано, що композиційні підшипники також дають змогу розробляти та впроваджувати спрощені діагностичні системи. За даних умов розроблений функціональний зміст діагностичної системи для 5 посівних секцій. При цьому зменшується кількість сервісних оглядів до появи граничного зношування в будь-якому підшипниковому вузлі паралелограмного механізму. Збір даних під час експлуатації виконували, не відхиляючись від регламентованого графіку обслуговування для даного посівного комплексу. Мінімальний люфт в паралелограмному механізмі, визначений органолептичними методами, фіксували в сервісному журналі як повністю відсутню несправність.

Виявлено, що полімерно-композиційні підшипники мають гарні ресурсні показники: до 17250 га сумарного напрацювання комплексу неяких значних змін в люфтах посівних секцій не було помічено. На рис. 2 представлено залежність зміни бокового люфта від напрацювання для посівного комплексу Turbosem II 19-60 з полімерними підшипниками.

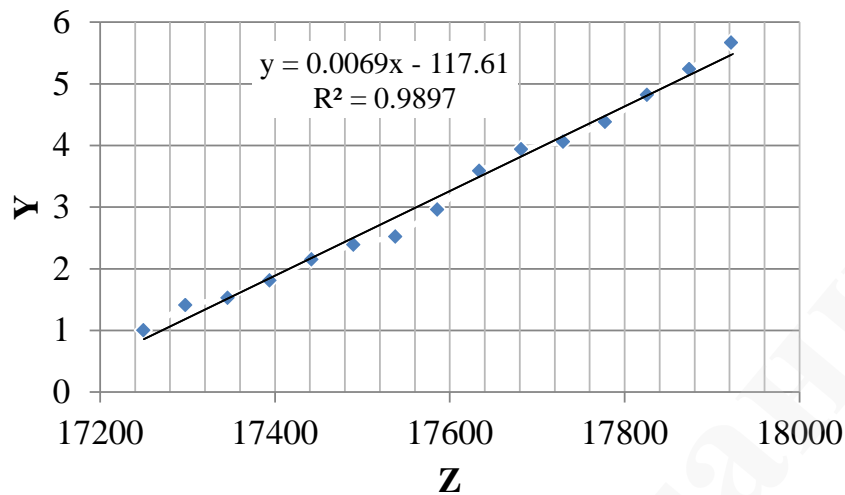


Рис. 2. Середнє значення зміни бокового люфта посівних секцій від напрацювання посівного комплексу: Y – люфт від осі посівної секції, см; Z – напрацювання посівного комплексу, га

Дані рис. 2 свідчать, що посівний комплекс з полімерними композитами задовільно працює до 17730 га. Значення граничних ліфтів не було зафіксовано. Після 17730 га люфти заходять в зону граничного зношування. За таких умов необхідно частіше призначати сервісні операції або виконувати заміну полімерних втулок.

Під час планових сервісних обслуговувань також проводили фіксацію загорання світлодіодної лампи на досліджуваних посівних секціях. В табл. 1 представлено дані по сигналізації граничного зношування підшипників з полімерного композиту. На інтервалі пробігу до 17700 га діагностичних сигнальних загорань не відбувалося.

Таблиця 1

Боковий люфт паралелограмного механізму

Напрацювання, га	17634	17682	17730	17778	17826	17874	17922
Кількість сигнальних діодів	0	0	1	1	2	4	5

Аналізуючи дані табл. 1 можна стверджувати, що граничне зношування полімерних композитів починалось з 17730 га, про що свідчать фіксація діагностичною системою рухомих вузлів з полімерними деталями. А на інтервалі напрацювання 17874–17922 га всі дослідні системи діагностики спрацювали. За таких умов можливо стверджувати, що сформована система може функціонувати і в свою чергу відображати дані про несправність в допустимих межах. Слід звернути увагу на те, що формування полімерних втулок з діагностичною розривною ланкою є ефективною можливістю вирішити питання контролю технічного стану підшипникових вузлів.

4. Висновки

У роботі показано, що розроблення системи діагностування підшипникових вузлів з полімерними деталями під час експлуатації, ґрунтуючись на принципі розриву активної ланки, здешевлює контроль даних вузлів. Результати технічного стану за значенням люфтового відхилення показують, що посівні секції повинні підлягати ремонту при напрацюванні 17778–17922 га, а діагностична система спрацювала на 17730 га напрацювання. Тому використовуючи дану систему та її принципи в подальшому можливо розробляти автоматизовану діагностичну систему посівних секцій з підшипниковими вузлами з полімерних деталей.

Література

1. Novikov, A. N., Eremin, S. V., Shevtsova, A. G. (2020). New Way To Determine The Technical Condition Of Ball Joints. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 786 (1), 012079. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/786/1/012079>
2. Gasparov, E. S., Gasparova, L. B. (2019). Mathematical Model of Spindle Unit Bearing Assembly. *Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019)*, 725–731. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-030-22041-9_78
3. Hrynkiv, A. (2019). Operational evaluation of motor oils of trucks by their thermal oxidative stability. *Technology Audit and Production Reserves*, 3 (1 (47)), 25–30. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.177316>
4. Pastukhov, A., Timashov, E., Kravchenko, I., Parnikova, T. (2020). Adaptivity of thermal diagnostics method of mechanical transmission assemblies. *19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings*, 19, 107–113. doi: <http://doi.org/10.22616/erdev.2020.19.tf024>
5. Chen, G., Qu, M. (2019). Modeling and analysis of fit clearance between rolling bearing outer ring and housing. *Journal of Sound and Vibration*, 438, 419–440. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jsv.2017.11.004>
6. Sergeev, K. O. (2019). The results of bearings diagnostics of ship electric motors and generators. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 560, 012168. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/560/1/012168>
7. Gerike, B. L., Mokrushev, A. A. (2017). Diagnostics of the Technical State of Bearings of Mining Machines Base Assemblies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 253, 012012. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/253/1/012012>
8. Aulin, V., Hrinkiv, A., Dykha, A., Chernovol, M., Lyashuk, O., Lysenko, S. (2018). Substantiation of diagnostic parameters for determining the technical condition of transmission assemblies in trucks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (92)), 4–13. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.125349>
9. Zheng, J. J., Peng, Y. H. (2013). Test Analysis and Optimal Design of Fatigue Life for FF Mechanical Transmission. *Advanced Materials Research*, 718-720, 1468–1471. doi: <http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.718-720.1468>
10. Voronkin, V. A., Evlanov, V. V., Gorbunov, A. G. (1993). Operational failures of bearing assemblies in electric motors. *Russian Engineering Research*, 13 (5), 42–45. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0027505806&partnerID=40&md5=e310d87adee736dcfc06c2d7f69b5dc5>