

УДК 621.664:62-44

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF ADDITIONAL INDICATORS OF REPAIRABILITY OF NSH-K PUMPS OF THE TRACTOR HYDRAULIC SYSTEM

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ДОДАТКОВИХ ПОКАЗНИКІВ РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ НАСОСІВ НШ-К ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАКТОРА

Melyantsov P.T. / Мельянцеv П. Т.*c.t.s.,as. prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-5937-4021

*Dnipro State Agrarian and Economic University, str. S. Yefremova, 25, 49600**Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. С. Єфремова, 25, 49600***Losikov O. M. / Лосіков О. М.***senior lecturer / старший викладач*

ORCID 0009-0004-5523-7651

*Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, 49010**Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010***Sidorenko V. K. / Сидоренко В. К.***senior lecturer / старший викладач*

ORCID 0009-0005-7610-4433

*Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, 49010**Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010*

Анотація. У роботі розглянуто питання обґрунтування додаткових показників ремонтпридатності шестеренних насосів модифікації НШ-К гідравлічної системи трактора. Проаналізовано вплив конструктивних та експлуатаційних чинників на трудомісткість робіт з відновлення працездатності агрегату в умовах ремонтно-обслуговуючої бази різних рівнів. Визначено, що поряд із традиційними показниками надійності доцільно враховувати додаткові показники ремонтпридатності, зокрема коефіцієнти легкоз'ємності та доступності. Наведено методику їх розрахунку та результати експериментальних досліджень з визначення трудомісткості демонтажно-монтажних робіт при відновленні працездатності насоса безпосередньо на тракторі ЮМЗ 8080. Встановлено, що коефіцієнт легкоз'ємності має достатньо високі значення, що свідчить про відносну простоту виконання робіт першої стратегії ремонту. Разом з тим коефіцієнт доступності деталей при повному розбиранні насоса вказує на конструктивну складність доступу до ресурсолімітуючих елементів. Отримані результати можуть бути використані для розроблення заходів щодо зниження трудомісткості ремонтних робіт та підвищення ефективності технічного обслуговування гідронасосів НШ-К.

Ключові слова: гідравлічний насос НШ-К, гідравлічна система трактора, ремонтпридатність, коефіцієнт легкоз'ємності, коефіцієнт доступності, ремонтна технологічність, трудомісткість, технічне обслуговування.

Abstract. The paper substantiates additional maintainability indicators of NSH-K modification gear pumps used in tractor hydraulic systems. The influence of design and operational factors on the labor intensity of restoring pump operability at different levels of maintenance and repair facilities is analyzed. It is established that, along with conventional reliability indicators, additional maintainability characteristics should be considered, in particular the ease-of-removal coefficient and the accessibility coefficient. The methodology for their calculation is presented, and

the results of experimental studies on determining the labor intensity of disassembly and assembly operations when restoring pump operability directly on a UMZ 8080 tractor are provided. The obtained values of the ease-of-removal coefficient indicate a relatively simple implementation of the first repair strategy. At the same time, the accessibility coefficient of pump components during complete disassembly reflects the structural complexity of access to resource-limiting elements. The results can be used to develop measures aimed at reducing repair labor intensity and improving the efficiency of maintenance of NSH-K hydraulic pumps.

Key words: NSH-K hydraulic pump, tractor hydraulic system, maintainability, ease-of-removal coefficient, accessibility coefficient, repair manufacturability, labor intensity, maintenance.

Вступ.

Подальший розвиток і підвищення ефективності гідравлічних приводів безпосередньо пов'язані з удосконаленням їх основних функціональних елементів. Одним із таких базових компонентів гідросистем мобільних машин є гідравлічні насоси шестеренного типу.

Серед них найбільшого поширення набули насоси модифікації НШ-К, що зумовлено їх підвищеною довговічністю порівняно з насосами модифікації НШ-У, і пояснюється конструктивними рішеннями з компенсації радіального і торцевого зазорів в качаючому вузлі насоса в процесі його роботи [1].

У процесі функціонування насосів виникають відмови й несправності, спричинені впливом експлуатаційних чинників, зокрема агресивністю технологічного середовища, дією вібраційних та ударних навантажень, а також порушеннями регламенту технічного обслуговування чи його неповним виконанням [2].

Зменшення матеріальних витрат і трудомісткості робіт, пов'язаних із відновленням працездатності насосів, безпосередньо залежить від рівня їх ремонтпридатності. Кількісна оцінка цієї властивості здійснюється через показники трудомісткості відновлювальних робіт і визначається сукупними витратами праці та ресурсів, необхідних для усунення несправності.

Основні технологічні процеси відновлення працездатності гідронасосів детально висвітлено в роботі [3]. У ній автори обґрунтовують доцільність виконання ремонтно-відновлювальних заходів на підставі проведеної кількісної оцінки ремонтної технологічності деталей, що спрямовано на підвищення результативності технологічних процесів ремонту.

На практиці трапляються випадки, коли несправності гідравлічної системи трактора, пов'язані з порушенням працездатності гідронасоса, можуть бути усунені безпосередньо на машині без його демонтажу. Наприклад, це стосується ліквідації підтікання робочої рідини з під гідравлічного рукава. У подібних ситуаціях відновлення працездатності гідроприводу потребує виконання часткових демонтажно-монтажних операцій, трудомісткість яких визначається доступністю агрегату, особливостями встановлення гідравлічних рукавів, їх просторовим розташуванням тощо. Обсяг і складність цих робіт характеризують такі додаткові показники ремонтпридатності, як легкоз'ємності і доступність.

У більш складних випадках, коли гідравлічний привід трактора повністю втрачає працездатність, виникає потреба у проведенні діагностування для встановлення причин відмови. Трудомісткість діагностичних заходів залежить від рівня контролепридатності агрегатів, наявності алгоритмів ресурсного та заявочного діагностування з урахуванням характеру відмови, а також від забезпеченості відповідними засобами контролю. Ефективність виконання цих процедур оцінюється коефіцієнтом контролепридатності, який належить до додаткових показників ремонтпридатності агрегату.

Якщо по результатам діагностування вдалось виявити, що гідронасос не справний, проводяться демонтажно – монтажні роботи пов'язані з його заміною. Трудомісткість даних робіт також буде обумовлюватись коефіцієнтом легкоз'ємності.

Затрачені трудомісткості робіт для проведення демонтажу і монтажу гідроагрегату з трактора, для усунення його несправності, характеризують додаткові показники ремонтпридатності гідронасоса. На сьогоднішній день їх кількісна оцінка проведена не достатньо повно, що не дозволяє в повній мірі визначитися з заходами, направленими на зниження об'ємів праці слюсарів для усунення несправності гідросистеми трактора, пов'язаної з втратою працездатності гідронасоса.

Метою роботи є - обґрунтування підвищення ремонтпридатності насосів

НШ-К гідравлічної системи трактора, шляхом кількісної оцінки додаткових показників для зниження трудомісткості усунення несправностей.

Викладення основного матеріалу.

В цілому показники технологічності гідравлічних насосів шестеренного типу при ремонті підрозділяються на оперативні та економічні. При цьому, слід врахувати, що для відновлення працездатного стану гідравлічних насосів застосовуються наступні стратегії [4]:

1. Відновлення працездатності гідравлічного насосу виконується на об'єктах ремонтно-обслуговуючої бази першого рівня під керівництвом майстра наладчика; сюди відносяться роботи пов'язанні з заміною несправного насоса або усунення підтікання робочої рідини з агрегату.

2. Відновлення працездатного стану гідравлічного насосу проводиться на спеціалізованому підприємстві (застосовуються технології поточного і капітального ремонту при повному розбиранні гідронасоса, виконання контрольно-регулювальних операцій, відновлення деталей, складання насоса, обкатка та випробування), з залученням кваліфікованого персоналу, що пройшов спеціальну підготовку.

Для першої стратегії більш інформативним показником буде коефіцієнт легкоз'ємності ($K_{\text{л}}$), а для другої стратегії коефіцієнт доступності ($K_{\text{д}}$), який буде враховувати безпосередньо доступ до деталей спряжень, які обумовлюють втрату працездатного стану агрегату.

Коефіцієнт легкоз'ємності розраховується за виразом [4]:

$$K_{\text{л}} = 1 - \frac{\Delta T_{\text{дм}}}{T_{\text{дм}}} \quad (1)$$

де $T_{\text{дм}}$ - трудомісткість демонтажно-монтажних робіт при відновленні працездатності насоса, люд.-год.;

$\Delta T_{\text{дм}}$ – відхилення трудомісткості демонтажно-монтажних робіт при ремонті насоса в порівнянні з еталонними значеннями, люд.-год.

Оцінка коефіцієнта легкоз'ємності проводилась на основі експериментальних досліджень по визначенню показників трудомісткості при

відновленні працездатності агрегату безпосередньо на тракторі ЮМЗ - 8080. Результати спостережень наводяться в (таблиці 1) і представляються графічно на (рисунок 1).

Таблиця 1 - Значення тривалості робіт при відновленні працездатності гідравлічного насоса на тракторі ЮМЗ - 8080 для першої стратегії

Найменування виду робіт	Тривалість робіт в хв.		Значення коефіцієнта легкоз'ємності, (K_L)
	$T_{ом}$	$\Delta T_{ом}$	
1. Від'єднання гідравлічних рукавів від насоса	11,5	3,2	0,72
2. Розбирання болтових з'єднань кріплення насоса	12,4	3,6	0,71
3. Демонтаж насоса	2,4	0,6	0,75
4. Усунення несправності насоса (заміна манжети)	18,2	5,3	0,71
5. Монтаж насоса	2,3	0,8	0,65
6. Болтове кріплення насоса	12,5	3,8	0,70
7. Приєднання гідравлічних рукавів	11,8	3,4	0,71

Авторська розробка

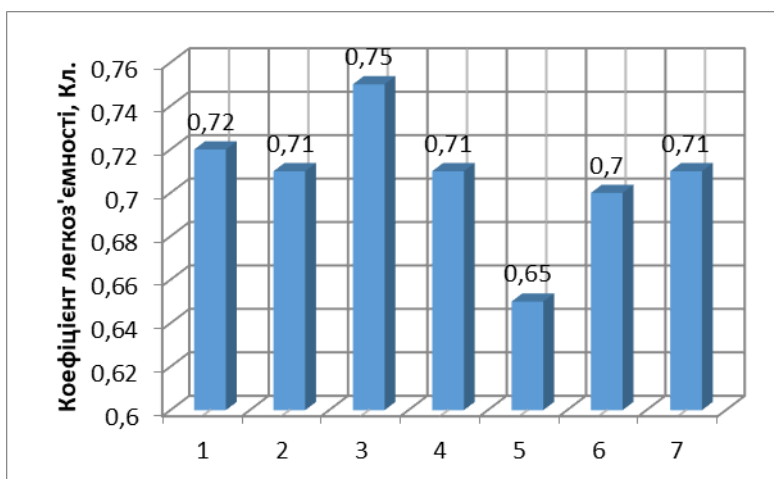


Рисунок 1 - Значення коефіцієнта легкоз'ємності за видами робіт при усуненні несправності гідронасоса: 1 - Від'єднання гідравлічних рукавів від насоса; 2 - Розбирання болтових з'єднань кріплення насоса; 3 - Демонтаж насоса; 4 - Усунення несправності насоса (заміна манжети); 5 - Монтаж насоса; 6 - Болтове кріплення насоса; 7 - Приєднання гідравлічних рукавів

Авторська розробка

Аналіз отриманих результатів показує, що усунення несправностей, пов'язаних безпосередньо з заміною насоса або усунення його розгерметизації на тракторі не визиває значних ускладнень, при відновленні працездатності гідравлічної системи, що підтверджується достатньо високим показником коефіцієнта легкоз'ємності - $K_{\text{л}} = 0,65 \dots 0,75$.

Для другої стратегії відновлення працездатного стану гідравлічних насосів ремонтна технологічність може бути оцінена коефіцієнтом доступності ($K_{\text{д}}$), який буде враховувати безпосередньо доступ до деталей спряжень, які обумовлюють втрату працездатного стану агрегату. Його можна розрахувати за виразом [4]:

$$K_{\text{д}j} = 1 - \frac{x_j^{(1)} - 1}{x_j^{(1)}}, (2)$$

де $x_j^{(1)}$ - сума всіх знятих деталей.

Кількісні значення коефіцієнта доступності деталі знаходяться в інтервалі $0 < K_{\text{д}j} \leq 1$. Для абсолютно доступних деталей $K_{\text{д}j} = 1$, для важкодоступних (базових) деталей $K_{\text{д}j} = 1/x_j^{(1)}$, коефіцієнт доступності для кожної деталі нероз'ємного з'єднання приймається $K_{\text{д}j} = 0$.

Не важко бачити, що даний коефіцієнт буде залежати від причини втрати працездатного стану агрегатом, яка буде обумовлювати об'єм розбиральних робіт при його відновленні. За даними розробленої структурної схеми розбирання насоса модифікації НШ-К, щоб добратися до платика-замикача качаючого вузла насоса необхідно зняти вісім деталей (втулка стопорна, болти кріплення кришки, кришка верхня, резинове ущільнення, качаючий вузол в складі, підтискна обойма, шестерня ведена, шестерня ведуча). Звідси коефіцієнт доступності для платика-замикача складе - $K_{\text{д}} = 0,13$.

Доступ до веденої і ведучої шестерень качаючого вузла потребує зняти шість деталей. Коефіцієнт доступності для них складе - $K_{\text{д}} = 0,17$, що також вказує на складність доступу до шестерень. Коефіцієнт доступу до качаючого

вузла насоса складе $K_D = 0,25$.

Таким чином аналіз ремонтної технологічності шестеренного насоса модифікації НШ-К показав, що коефіцієнт доступності до деталей в процесі ремонту знаходиться в інтервалі $K_D = 0,13...0,25$, що вказує на конструктивну складність для умов відновлення його працездатного стану.

Покращення показників технологічності при ремонті насосів модифікації НШ-К можливе за рахунок застосування спеціальних пристроїв, які будуть полегшувати фіксацію насоса при проведенні розбирально-складальних робіт, та забезпечувати їх механізацію.

Висновки.

Отримані результати проведених досліджень показують, що поряд із традиційними показниками надійності доцільним є використання додаткових показників ремонтпридатності насосів модифікації НШ-К, зокрема коефіцієнтів легкоз'ємності, доступності та контролепридатності, які характеризують трудомісткість виконання демонтажно-монтажних і діагностичних робіт.

Визначено, що значення коефіцієнта легкоз'ємності для насосів НШ-К знаходиться в межах - $K_D = 0,65...0,75$, які свідчать про достатній рівень пристосованості агрегату до виконання часткових ремонтних операцій без повного демонтажу з трактора, що дозволяє скоротити обсяг підготовчих робіт та час відновлення працездатності.

Аналіз ремонтної технологічності шестеренного насоса модифікації НШ-К показав, що коефіцієнт доступності до деталей в процесі ремонту знаходиться в межах - $K_D = 0,13...0,25$, що вказує на конструктивну складність для умов відновлення його працездатного стану на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

Запропонований підхід до кількісної оцінки додаткових показників ремонтпридатності дозволяє: прогнозувати трудомісткість відновлювальних робіт, обґрунтовувати конструктивні рішення при модернізації насосів;

зменшити простої мобільних машин, оптимізувати витрати на технічне обслуговування та ремонт.

Отримані результати можуть бути використані при розробленні інтегрального показника ремонтпридатності гідроагрегатів та удосконаленні методик їх ресурсного та заявочного діагностування.

Література.

1.Мельянцов П. Т., Падалко С. С. Підвищення експлуатаційної надійності гідравлічної системи підйомних механізмів автомобілів-самоскидів на основі статистичної оцінки надійності насосів // *Inzynieria i technologia. Osiagniecia naukowe, rozwoj, propozicje na rok 2015 : zbior artykulow naukowych*. Warszawa : Diamond trading tour, 2015. С. 51–54.

2.Мельянцов П. Т. Показники технологічної придатності роздільно-агрегатної гідросистеми трактора під час технічного обслуговування // *SW-Us conference proceedings. Series conference proceedings*. Seattle, Washington, USA : ProConference in conjunction with KindleDP, 2025. С. 14–26. DOI: 10.30888/2709-2267.2025-31-00. ISBN 979-8-2880683-8-6.

3.Мельянцов П. Т., Русакевич Д. В. Забезпечення ресурсу гідравлічних насосів на основі аналізу типових дефектів та способів їх усунення // *Technics and technology : zbiór artykułów Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej*. London : Diamond trading tour, 2018. С. 63–68.

4.Мельянцов П. Т., Тіщенко В. В. Обґрунтування додаткових показників ремонтпридатності гідророзподільника Р 80 гідравлічної системи трактора // *Scientists and existing problems of human development : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* Zagreb : International Science Group, 2023. С. 393–403.

Тези відправлені: 24.02.2026 р.

© Мельянцов П. Т