

Алексеев А.Є., аспірант кафедри технології та автоматизації машинобудування
Березюк О.В., професор кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, д.т.н., доцент
Вінницький національний технічний університет

ВПЛИВ МАТЕРІАЛУ ПОКРИТТЯ ДЕТАЛЕЙ ГІДРОЦИЛІНДРА УЩІЛЬНЮЮЧОЇ ПЛИТИ СМІТТЕВОЗА НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЇХНЬОГО ЗНОСУ

Для збирання та транспортування твердих побутових відходів (ТПВ) комунальні підприємства України використовують спеціальні автомобілі (сміттевози) в кількості більше 4100 од., які здатні ущільнювати ТПВ, зменшуючи витрати на перевезення і необхідні площі полігонів. При цьому під час виконання технологічних операцій поверхні робочих органів сміттевозів піддаються інтенсивному зношуванню. Проведений аналіз [1, 2] розробок в галузі комунальної техніки показав, що у більшості сміттевозів технологічні операції здійснюються за допомогою гідравлічного приводу робочих органів [3-8], який широко застосовується зокрема у комунальних машинах [9-14].

В матеріалах статті [15], використовуючи регресійний аналіз, визначено закономірність, яка описує та дозволяє прогнозувати динаміку зношеності сміттевозів у цілому у Хмельницькій області, а також планувати інфраструктуру комунальних підприємств (склад та оновлення сміттевозів, виробничу базу для технічного обслуговування і ремонту).

Найменший пробіг до напрацювання на відмову серед основних компонентів сміттевозів із боковим способом завантаження ТПВ, згідно досліджень [16, 17], має гідравлічна система, що вносить найбільш вагомий вклад у підвищення зношеності сміттевозів [18].

Аналіз причин виникнення характерних технічних відмов агрегатів сміттевозів, які впливають на безпеку їхньої роботи, показав, що більшість несправностей, близько 45 %, пов'язані з відмовами гідропривода (рис. 1), які у свою чергу вони обумовлені виробничими дефектами, викликаними установкою на гідропривод комплектуючих виробів низької якості, а також великими коливаннями навантажень на робочі органи. Дослідження причин відмов зняряд виробничого характеру показало, що поломки виникають через дефекти термообробки та відхилення від конструктивних розмірів при механічній обробці (35 %), дефектів збирання, регулювання, затягування різьбових з'єднань (30 %), неякісного зварювання (30 %) тощо. Відмови гідроциліндрів через зношування робочих поверхонь сполучень, деформації штока та циліндра в процесі експлуатації не перевищують 28 % усіх відмов елементів гідроприводу [19].

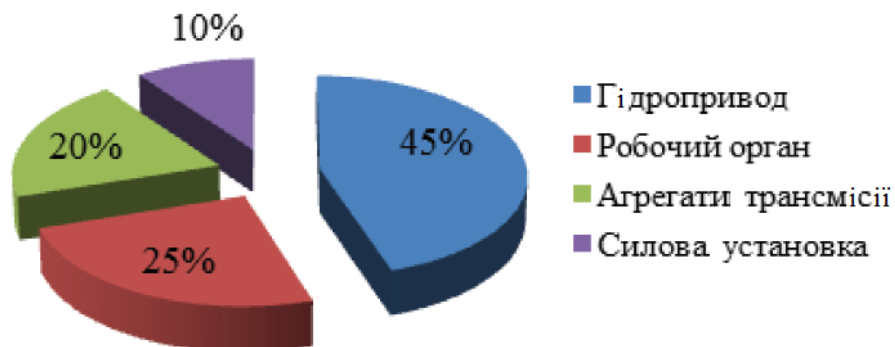


Рисунок 1 – Поширеність відмов агрегатів сміттевозів

В табл. 1 наведено поширеність відмов основних елементів гідросистеми сміттевозів, з якої видно, що відмови гідроциліндрів через зношування робочих поверхонь сполучень, деформації штока та циліндра в процесі експлуатації не перевищують 28 % усіх відмов елементів гідроприводу. Наведені дані корелюються також з даними, опублікованими в роботі, в якій зазначено також основні причини цих відмов: для гідронасосу – спрацювання корпусу, знос шестерень, видавлювання сальників, тріщини корпусу; для гідроциліндрів – знос манжет, ущільнень, штока; розрив гайки кріплення поршня до штока; вигин штока; механічні пошкодження; для гідророзподільника – знос ущільнень, золотників, тріщини корпусу; для шлангів – обрив шлангів, знос трубопроводів.

Наведені дані корелюються також з даними, опублікованими в роботі [20], в якій зазначено також основні причини відмов гідросистеми сміттевозів, викликаних зносом: для гідронасосу – знос шестерень; для гідроциліндрів – знос манжет, ущільнень, штока; для гідророзподільника – знос ущільнень, золотників; для шлангів – знос трубопроводів.

Таблиця 1 – Поширеність відмов основних елементів гідросистеми сміттевозів

| Елемент гідросистеми | гідронасос | гідроциліндр | гідророзподільник | шланги гідралічні | фільтр робочої рідини |
|-----------------------|------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|
| Поширеність відмов, % | 16,4...30 | 28...34,92 | 13,23...23 | 15...15,34 | 0...4 |

В табл. 2 наведено розподіл причин відмов сміттевозів, з якої видно, що основними причинами несправностей є: зовнішня та внутрішня негерметичність. Зовнішня негерметичність становить 48% всіх відмов у гідросистемі і виникає внаслідок руйнувань шлангів та трубопроводів, а також розгерметизації ущільнень гідроциліндрів та інших агрегатів. Інша поширена причина відмов – внутрішня негерметичність, що становить 36 %. Найбільше несправностей, викликаних внутрішньою негерметичністю, мають такі агрегати, як золотникові розподільники, запобіжні і зворотні клапани, гідроциліндри і гідронасоси.

Таблиця 2 – Поширеність причин відмов гідросистем сміттевозів [21]

| Причина відмови | зовнішня негерметичність | внутрішня негерметичність | порушення функціонування агрегату | руйнування елементів агрегату | інші відмови |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Поширеність відмов, % | 48 | 36 | 8 | 4 | 5 |

В табл. 3. наведені дані щодо впливу матеріалу покриття деталей гідроциліндра ущільнюючої плити сміттевоза на інтенсивність їхнього зносу [22].

Таблиця 3 – Інтенсивність зносу деталей гідроциліндра ущільнюючої плити сміттевоза для різних матеріалів плазмового покриття деталей [22]

| № | Види плазмових покриттів | Мікротвердість покриття, ГПа | Інтенсивність абразивного зношування, $\times 10^{10}$ |
|---|--------------------------|------------------------------|--|
| 1 | Fe + 25 % Ni | 3,6 | 1,979 |
| 2 | Fe + 25 % Ni + 25 % Cr | 4,7 | 0,947 |
| 3 | Fe + 25 % Ni + 50 % Cr | 7,0 | 0,547 |
| 4 | Cr | 7,5 | 1,789 |

На основі даних табл. 3 за допомогою ротатабельного центрального композиційного планування експерименту другого порядку методом Бокса-Уілсона [23] та розробленої комп'ютерної програми "PlanExp", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір [24] і детально описана в роботі [25], можна отримати багатофакторну регресійну залежність інтенсивності зносу деталей гідроциліндра ущільнюючої плити сміттевоза від складу матеріалу покриття, що обумовлює проведення подальших досліджень.

Висновки. Виявлено дані щодо впливу матеріалу покриття деталей гідроциліндра ущільнюючої плити сміттевоза на інтенсивність їхнього зносу. Встановлено необхідність проведення подальших досліджень з визначення багатофакторної регресійної залежності інтенсивності зносу деталей гідроциліндра ущільнюючої плити сміттевоза від складу матеріалу покриття.

Література

1. Березюк О.В., Алексеев А.С. Аналіз конструкцій та приводів робочих органів механізмів ущільнення твердих побутових відходів у сміттевозі, Наукові праці ВНТУ, 2023, № 4, 9 с.
2. Березюк О.В. Науково-технічні основи проектування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів: автореф. дис. ... докт. техн. наук.: 05.02.02 – Машинознавство, Хмельницький. 2021. 44 с.
3. Козлов Л., Репінський С., Паславська О., Піонткевич О. Характеристики мехатронного приводу під час просторового руху маніпулятора, Наукові праці Вінницького національного технічного університету, 2017, № 2, 9 с. Електронний ресурс: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/507>
4. Petrov O., Kozlov L., Lozinskiy D., Piontkevych O. Improvement of the hydraulic units design based on CFD modeling, In: Lecture Notes in Mechanical Engineering XXII, 2019, p. 653-660.

5. Kozlov L., Polishchuk L., Piontkevych O., Purdyk V., Petrov O., Tverdomed V., Tungatarova A. Optimization of Design Parameters of a Counterbalance Valve for a Hydraulic Drive Invariant to Reversal Loads, *Mechatronic Systems*, Vol. 1, Routledge, London, 2021, p. 137-148. DOI: 10.1201/9781003224136-12

6. Піонткевич О.В., Сухоруков С.І., Сердюк О.В., Домославський В.М. Про лазерний технологічний комплекс на машинобудівному підприємстві, *Вісник машинобудування та транспорту*, 2022. № 16(2), с. 96-100.

7. Polishchuk L.K., Piontkevych O.V., Dynamics of adaptive drive of mobile machine belt conveyor, 22nd International Scientific Conference «МЕХАНІКА 2017», Kaunas University of Technology, 19 May 2017, p. 307-311.

8. Лозінський Д.О., Козлов Л.Г., Піонткевич О.В., Кавецький О.І. Оптимізація електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків, *Вісник машинобудування та транспорту*, 2023, № 17 (1), с. 87-91.

9. Березюк О.В., Савуляк В.І. Вплив характеристик тертя на динаміку гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза, *Проблеми тертя та зношування*, 2015, № 3 (68), с. 45-50.

10. Піонткевич О.В. Математична модель гідроприводу фронтального навантажувача з гальмівним клапаном, *Вісник машинобудування та транспорту*, 2015, № 2, с. 83-90.

11. Polishchuk L., Khmara O., Piontkevych O., Adler O., Tungatarova A., Kozbakova, A. Dynamics of the conveyor speed stabilization system at variable loads. *Informatyka, Automatyka, Pomiary W Gospodarce i Ochronie Środowiska*, 2022, Vol. 12, No. 2, p. 60-63.

12. Kozlov L., Burennikov Yu., Piontkevych O., Paslavskaya O. Optimization of design parameters of the counterbalance valve for the front-end loader hydraulic drive, *Proceedings of 22nd International Scientific Conference «МЕХАНІКА 2017»*. Kaunas University of Technology, Lithuania, 19 May 2017, p. 195-200.

13. Березюк О.В. Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза, *Промислова гідравліка і пневматика*, 2011, № 34 (4), с. 80-83.

14. Обертюх Р.Р., Слабкий А.В., Марущак М.В. Віброударний пристрій з гідроімпульсним приводом підвищеної швидкодії та ефективності для деформаційного зміцнення поверхонь деталей машин. *Вісник машинобудування та транспорту*, 2017, № 1, с. 59-66.

15. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskiy V.O. Dynamics of wear and tear of garbage trucks in Khmelnytskyi region, *Problems of Tribology*, 2022, No. 27(3/105), p. 70-75.

16. Nosenko A.S., Domnickij A.A., Altunina M.S., Zubov V.V. Theoretical and experimental research findings on batch-operation bin loader with hydraulically driven conveying element, *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.*, 2019, No. 11, p. 119-130.

17. Березюк О.В. Надійність окремих вузлів і агрегатів сміттєвозів, *Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій: тези доп. II-ої міжнар. інтернет-конф.*, 12 листопада 2014 р, Ч. 1, Вінниця: ВНТУ, 2014, с. 16.

18. Lobov N.V., Maltsev D.V., Genson E.M. Improving the process of transport of solid municipal waste by automobile transport, *Proceedings of IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2019, No. 1(632), p. 012033.

19. Kotomchin A.N., Lyakhov Yu.G. Analysis of failures of knots and units of construction, road, lifting and transport machines and specialized motor transport on the example of MUE «Communal service», *Engineering & Computer science*, 2019, No. 3, p. 174-178.

20. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskiy V.O. Establishing the peculiarities of tire wear of garbage trucks during the transportation of municipal solid waste, *Problems of Tribology*, 2023, No. 28(1/107), p. 59-64.

21. Березюк О.В. Надійність окремих вузлів і агрегатів сміттєвозів, *Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій: тези доп. II-ої міжнар. інт.-конф.*, Ч. 1. Вінниця: ВНТУ, 2014, с. 16.

21. Маннапова О. В., Соколов О. Д. Визначення складу плазмового покриття за рівнем зношування, *Проблеми тертя та зношування*, 2013, № 2, с. 73-79.

22. Березюк О.В. Планування багатофакторного експерименту для дослідження вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів, *Вібрації в техніці та технологіях*, 2009, № 3 (55), с. 92-97.

23. Березюк О.В. Комп'ютерна програма "Планування експерименту" ("PlanExp"), Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 46876, К.: ДСІВУ, Дата реєстрації: 21.12.2012.

24. Березюк О.В. Моделювання компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттєвозі на основі комп'ютерної програми "PlanExp", *Вісник ВПІ*, 2016, № 6, с. 23-28.