

**АПРОКСИМАЦІЯ НЕЛІНІЙНОСТІ ВТРАТ РОБОЧОЇ РІДИНИ В
ПРОЦЕСІ ЗНОСУ ПАР ТЕРТЯ ГІДРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ
ЗАВАНТАЖЕННЯ ТПВ У СМІТТЄВОЗ**

**NONLINEARITY APPROXIMATION OF WORKING FLUID LOSSES
DURING THE WEAR OF FRICTION PAIRS OF THE HYDRAULIC
DRIVE OF THE MSW LOADING MECHANISM IN A DUSTCART**

*В.Є. Яворський, д-р техн. наук О.В. Березюк
Вінницький національний технічний університет (м. Вінниця)*

*V.Ye. Yavorskyi, O.V. Bereziuk, Dr. Sc. (Tech.)
Vinnytsia National Technical University (Vinnytsia)*

Збирання твердих побутових відходів (ТПВ) здійснюється більше ніж 3,8 тис. спеціальними автомобілями (смiттєвозами) [1], які є елементами національної транспортної інфраструктури. Процес пов'язаний із значними фінансовими витратами. Перед перевезенням ТПВ смiттєвозами до місця їх утилізації виконується операція завантаження відходів. Зношеність автопарку смiттєвозів комунальних підприємств складає більше 60% [1].

Аналіз [2] розробок в галузі завантаження ТПВ показав, що у переважної більшості смiттєвозів завантаження відходів здійснюється за допомогою гідравлічного приводу робочих органів [3-7], який широко застосовується зокрема у комунальних машинах [8-11].

У роботі [12] запропонована математична модель гiдроприводу робочих органів перевертання контейнера під час завантаження ТПВ у смiттєвоз, яка дає змогу дослідити динаміку вказаного гiдроприводу для вибору більш раціональних його основних конструктивних параметрів.

В матеріалах статті [13] для проведення проектних розрахунків нових конструкцій смiттєвозів отримано наближені аналітичні залежності тиску в напірній магістралі гiдроциліндра, кутової швидкості та кута перевертання контейнера від часу на основі запропонованої лінеаризованої математичної моделі гiдроприводу перевертання контейнера на технологічній операції завантаження ТПВ у смiттєвоз.

Але розглянуті вище математичні моделі не враховують знос пар тертя механізму перевертання контейнера [14]. Тому в статті [15] встановлено залежності максимальних ударних динамічних напружень в найбільш навантаженому перерізі стріли маніпулятора смiттєвоза від зносу шарніра маніпулятора та рівня його навантаженості. Закономірність зносу вузлів тертя механізму завантаження смiттєвоза від властивостей антифрикційних матеріалів виявлено в роботі [16].

В науковій статті [17] запропоновано удосконалену нелінійну математичну модель роботи гідроприводу механізму завантаження ТПВ у сміттєвоз, яка враховує знос пар тертя. Ця модель містить зокрема нелінійну залежність втрат Q_B робочої рідини на перетікання з області високого тиску в область низького тиску в процесі зносу пар тертя

$$Q_B = \frac{\pi D \left\{ \delta_0 + 10^{-6} [458,2f + 0,1696HB + 4366(1 + 7,738f)x' - 5,462 \cdot 10^{-4} p_2] \right\}^3}{12\nu d} (p_2 - p_3) \quad (1)$$

З метою побудови лінеаризованої удосконаленої роботи гідроприводу механізму завантаження ТПВ у сміттєвоз проведено апроксимацію залежності втрат робочої рідини від тривалості процесу t , що характеризується коефіцієнтами $\alpha = 4,054 \cdot 10^{-4}$ і $\beta = 128,1$

$$Q_B \approx \frac{\pi D \delta_0^3}{12\nu d} (p_2 - p_3) + \alpha (1 - e^{-\beta t}) \quad (2)$$

- [1] Попович В.В. та ін. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто–сміттєзвалище" // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Т. 27, № 10. – С. 111-116.
- [2] Березюк О.В., Яворський В.Є. Аналіз конструкцій і робочих органів механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз // Наукові праці ВНТУ. – 2023. – № 4. – 8 с.
- [3] Kozlov L., Polishchuk L., Piontkevych O. et al. Optimization of Design Parameters of a Counterbalance Valve for a Hydraulic Drive Invariant to Reversal Loads // Mechatronic Systems 1. – London, 2021. – P. 137-148.
- [4] Козлов Л., Репінський С., Паславська О., Піонткевич О. Характеристики мехатронного приводу під час просторового руху маніпулятора // Наукові праці ВНТУ. – 2017. – № 2. – 9 с.
- [5] Піонткевич О.В. та ін. Про лазерний технологічний комплекс на машинобудівному підприємстві // Вісник машинобудування та транспорту. – 2022. – № 16(2). – С. 96-100.
- [6] Лозінський Д.О. та ін. Оптимізація електрогидравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків // Вісник машинобудування та транспорту. – 2023. – № 17(1). – С. 87-91.
- [7] Polishchuk L., Khmara O., Piontkevych O. et al. Dynamics of the conveyor speed stabilization system at variable loads // Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce i Ochronie Środowiska. – 2022. – No. 2(12). – P. 60-63.
- [8] Березюк О.В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози // Вісник ВПІ. – 2009. – № 4. – С. 81-86.
- [9] Піонткевич О.В. Математична модель гідроприводу фронтального навантажувача з гальмівним клапаном // Вісник машинобудування та транспорту. – 2015. – № 2. – С. 83-90.
- [10] Березюк О.В. Дослідження динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози // Вісник ОДАБА. – 2009. – № 33. – С. 403-406.
- [11] Kozlov L., Burennikov Yu., Piontkevych O., Paslavaska O. Optimization of design parameters of the counterbalance valve for the front-end loader hydraulic drive // Proceedings of 22nd International Scientific Conference «MECHANIKA 2017». – Kaunas University of Technology, Lithuania, 19 May 2017. – P. 195-200.
- [12] Березюк О.В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів перевертання контейнера під час завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 5. – С. 60-64.
- [13] Berezyuk O.V., Savulyak V.I. Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart // Technical Sciences. – 2017. – No. 20(3). – P. 259-273.
- [14] Lagerev A.V., Lagerev I.A., Milto A.A. Preliminary dynamics and stress analysis of articulating non-telescoping boom cranes using finite element method // International Review on Modelling and Simulations. – 2015. – Vol. 8, No. 2. – P. 223-226.
- [15] Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskiy V.O., Yavorskiy V.Ye. The influence of hinges wear on the dynamic load of the articulated boom of a garbage truck's manipulator // Problems of Tribology. – 2023. No. 28(3/109). – P. 18-24.
- [16] Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskiy V.O., Serdiuk O.V., Yavorskiy V.Ye. Dependence of wear of friction pairs of the mechanism for loading solid household waste into a garbage truck on the characteristics of antifricition materials // Problems of Tribology. – 2024. – No. 29(3/113). – P. 24-30.
- [17] Березюк О.В., Яворський В.Є. Удосконалена математична модель роботи гідроприводу механізму завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз із урахуванням зносу пар тертя // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2025. – № 1. – 11 с.