

О. В. Березюк¹
В. В. Мудрик¹

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА ПРИВОДІВ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ МЕХАНІЗМІВ ВИВАНТАЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ІЗ СМІТТЄВОЗІВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Метою проведеного дослідження є аналіз конструктивних особливостей і типів приводів робочих органів механізмів, що забезпечують процес вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів, для подальшого визначення напрямів їхнього технічного вдосконалення та підвищення енергоефективності. У межах роботи було здійснено вивчення існуючих конструкцій і гідравлічних схем приводів, що використовуються в механізмах вивантаження твердих побутових відходів, шляхом аналізу наукових літературних джерел, технічної документації та патентних матеріалів. Метою цього аналізу є виявлення закономірностей, переваг і недоліків сучасних технічних рішень, а також визначення перспективних шляхів удосконалення систем приводу для підвищення їхньої надійності, економічності та зниження витрат енергії під час експлуатації. Гідравлічний привод робочих органів сміттєвозів, як правило, отримує живлення від центральної насосної станції транспортного засобу, що створює необхідний тиск для виконання операцій стиснення, підйому, перекидання та вивантаження відходів. У роботі наведено та проаналізовано структурні схеми механізмів вивантаження, розроблених як у вітчизняній, так і в зарубіжній практиці. Проведений порівняльний аналіз засвідчив, що типовою проблемою для більшості моделей сміттєвозів є використання гідроприводу з одним нерегульованим насосом, який працює з постійною подачею незалежно від поточного навантаження. У таких системах регулювання швидкості руху робочих органів здійснюється переважно шляхом дроселювання потоку, внаслідок чого надлишок робочої рідини під високим тиском відводиться через запобіжний клапан у гідробак. Це призводить до значних непродуктивних витрат потужності, підвищеного енергоспоживання, перегріву робочої рідини та зниження загальної ефективності гідросистеми. Результати аналізу показали, що одним із найбільш перспективних напрямів модернізації таких систем є впровадження гідравлічних схем, чутливих до навантаження, які забезпечують автоматичне регулювання подачі насоса відповідно до потреби виконавчих механізмів. Застосування подібних систем дозволяє суттєво зменшити витрати потужності, оптимізувати споживання енергії, знизити рівень шуму та температурне навантаження на гідросистему. У підсумку це сприяє підвищенню ефективності керування гідроприводом робочих органів у різних експлуатаційних режимах, покращенню надійності механізмів вивантаження твердих побутових відходів та подовженню ресурсу роботи гідрообладнання.

Ключові слова: конструкція, гідропривод, робочий орган, механізм вивантаження, виштовхувальна плита, сміттєвоз, тверді побутові відходи.

Вступ

Вітчизняне комунальне господарство має забезпечуватися сучасними, високопродуктивними та багатофункціональними спеціальними транспортними засобами, серед яких особливе місце займають сміттєвози – техніка, що відіграє ключову роль у системі збирання, транспортування та утилізації твердих побутових відходів (ТПВ). Ефективна робота таких машин є одним із базових чинників екологічної безпеки міських територій і забезпечення санітарного стану населених пунктів. Згідно з офіційними статистичними даними, щороку в містах і селищах міського типу України накопичується близько 54 млн м³ ТПВ, причому 93,8 % із цього обсягу направляється на сміттєзвалища та полігони, 2 % піддається спалюванню на сміттєспалювальних заводах, а лише 4,2 % відходів потрапляє на пункти збору вторинної сировини або на сміттєпереробні підприємства [1]. При цьому щорічний приріст кількості твердих побутових відходів становить близько 0,5 % [2], що свідчить про стабільну тенденцію до зростання навантаження на систему поводження з відходами.

За умов постійного збільшення обсягів відходів і підвищення екологічних вимог, особливої актуальності набуває своєчасна та раціональна організація процесів збору, транспортування, переробки та утилізації ТПВ, оскільки від цього безпосередньо залежить екологічна ситуація у містах, а також санітарно-гігієнічні умови проживання населення. Підвищення стандартів якості

комунального обслуговування громадян, зокрема в частині санітарного очищення територій, висуває нові вимоги до технічного рівня та енергоефективності спеціалізованого автотранспорту. Сміттєвози сучасних конструкцій повинні забезпечувати не лише ефективне збирання і ущільнення відходів, але й мінімізувати витрати енергії, скорочувати час операцій завантаження та вивантаження, а також відповідати екологічним нормативам щодо викидів шкідливих речовин.

Після доставки зібраних відходів до місць утилізації або тимчасового зберігання виконується операція вивантаження ТПВ, яка реалізується за допомогою виштовхувальної плити, що приводиться в рух телескопічним гідроциліндром [3]. Цей механізм є одним із ключових вузлів сміттєвоза, від конструкції та параметрів якого залежить ефективність і надійність виконання технологічного циклу. Зокрема, від оптимального узгодження швидкості та зусилля гідроприводу виштовхувального механізму залежать рівномірність вивантаження відходів і тривалість робочого циклу машини.

Варто зазначити, що транспортування твердих побутових відходів є процесом із високим рівнем енергоспоживання. Так, лише для перевезення відходів за межі санітарної зони на відстань близько 30 км витрачається понад 45 тисяч тонн пального щорічно [4]. Цей показник свідчить про значну частку транспортної складової у загальній собівартості послуг із вивезення ТПВ, а також про потребу в підвищенні енергоефективності системи збирання і перевезення відходів. Зменшення витрат пального, у свою чергу, можливе лише за рахунок удосконалення конструкцій сміттєвозів, модернізації гідравлічних систем їхніх робочих органів і впровадження новітніх енергозберігаючих технологій у процесі комунального господарства.

Зношеність автопарку сміттєвозів комунальних підприємств в Україні сьогодні становить близько 70 %, що суттєво знижує ефективність і надійність системи санітарного очищення населених пунктів. Значна частина техніки, яка експлуатується, морально та фізично застаріла, має підвищені показники витрати пального, недостатню герметичність кузовів і не відповідає сучасним екологічним вимогам. Такі умови призводять до зростання експлуатаційних витрат, частих виходів машин із ладу та порушення графіків вивезення відходів, що негативно позначається на санітарному стані міських територій.

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України № 265 [5], одним із пріоритетних напрямів державної політики у сфері поводження з твердими побутовими відходами визначено забезпечення впровадження сучасних, високоефективних і екологічно безпечних сміттєвозів, які відповідають європейським стандартам. Це передбачає модернізацію наявного рухомого складу, удосконалення конструкцій базових моделей, застосування енергоощадних гідроприводів та автоматизованих систем керування технологічними процесами.

У зв'язку з цим аналіз конструкцій і приводів робочих органів механізмів вивантаження твердих побутових відходів зі сміттєвозів, спрямований на виявлення шляхів підвищення їхньої ефективності, надійності та енергоекономічності, є актуальною науково-технічною задачею. Розв'язання цієї проблеми дозволить підвищити продуктивність роботи комунальної техніки, знизити витрати пального, скоротити час виконання технологічних операцій та забезпечити екологічну безпеку під час експлуатації сміттєвозів.

Метою роботи є аналіз конструкцій та приводів робочих органів механізмів вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів з метою виявлення шляхів їхнього удосконалення.

Результати дослідження

Аналіз сучасних розробок у галузі механізмів вивантаження твердих побутових відходів [4] свідчить, що переважна більшість сміттєвозів реалізує процес вивантаження за допомогою гідравлічного приводу [6-9] виштовхувальної плити. Основним робочим елементом такого приводу є телескопічний гідроциліндр, який забезпечує переміщення плити вздовж кузова, здійснюючи повне виштовхування відходів із завантажувального об'єму. Застосування телескопічного гідроциліндра зумовлене потребою у великому ході при обмеженій монтажній довжині, проте така конструкція створює ряд динамічних і силових проблем під час експлуатації. У процесі вивантаження твердих побутових відходів на елементи гідроприводу діють значні навантаження, зумовлені перехідними процесами під час пуску системи. Це пояснюється як великою масою відходів у кузові сміттєвоза, що може досягати 3–16 тонн, так і суттєвою різницею між силами тертя спокою та тертя ковзання у напрямних виштовхувальної плити. В момент подолання тертя спокою утворюються ударні перевантаження, що можуть досягати критичних значень і негативно впливати на працездатність усієї системи.

Найбільш уразливими елементами в таких умовах є вузли з'єднання «гідроциліндр – плита» та «гідроциліндр – рама», а також гнучкі трубопроводи високого тиску, які підводять робочу рідину до

гідроциліндра. Стрибки тиску, що виникають у гідросистемі під час запуску або зупинки приводу, можуть спричинити розриви трубопроводів, деформацію з'єднань або вихід із ладу гідравлічного обладнання, що, у свою чергу, призводить до витоків робочої рідини. Втрати гідравлічної рідини, яка зазвичай є високовартісним мінеральним мастилом, не лише знижують ефективність роботи машини, але й створюють потенційну екологічну небезпеку під час експлуатації.

У практиці проектування та експлуатації сміттевозів застосовуються два основних типи систем вивантаження ТПВ – самоскидна та примусова з використанням виштовхувальної плити [10]. Їхні конструктивні схеми подано на рис. 1. Самоскидна система характеризується простотою конструкції, проте має обмежену ефективність при роботі з ущільненими або вологими відходами. Примусова система з виштовхувальною плитою є більш універсальною, забезпечує повне очищення кузова, однак потребує надійного гідравлічного приводу та ефективних засобів демпфування пускових перевантажень.

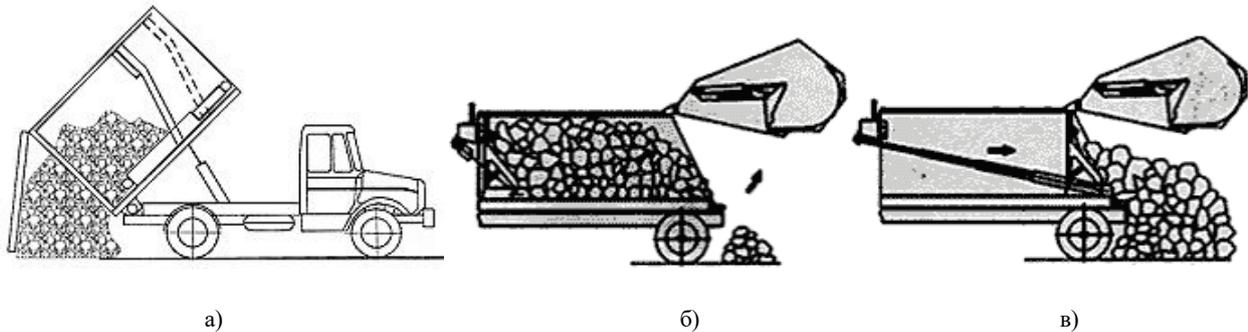


Рис. 1. Схеми вивантаження ТПВ із сміттевозів: а) самоскидна; б) піднімання заднього борта для вивантаження ТПВ виштовхувальною плитою; в) вивантаження ТПВ виштовхувальною плитою

На рис. 1, а показана схема самоскидного вивантаження ТПВ із сміттевоза, що працює таким чином. Задня кришка кузова звільняється від затискачів. Плита переміщається в крайнє заднє положення. Кузов підіймається гідроциліндром, при цьому вивантажується ТПВ.

Розвантаження з підняттям кузова (самоскидного вивантаження) використовується в сміттевозах з боковою схемою завантаження, а це, враховуючи вітчизняні недоглянуті полігони ТПВ, призводить до ризику перекидання спецавтомобіля.

На рис. 1, б та рис. 1, в показані схеми піднімання заднього борта та вивантаження ТПВ із сміттевоза виштовхувальною плитою, відповідно.

Схема вивантаження ТПВ виштовхувальною плитою застосовується в сміттевозах із схемою заднього завантаження відходів.

На рис. 2 показана схема гідроприводу виштовхувальної плити у сміттевозі КО-436 [11, 12].

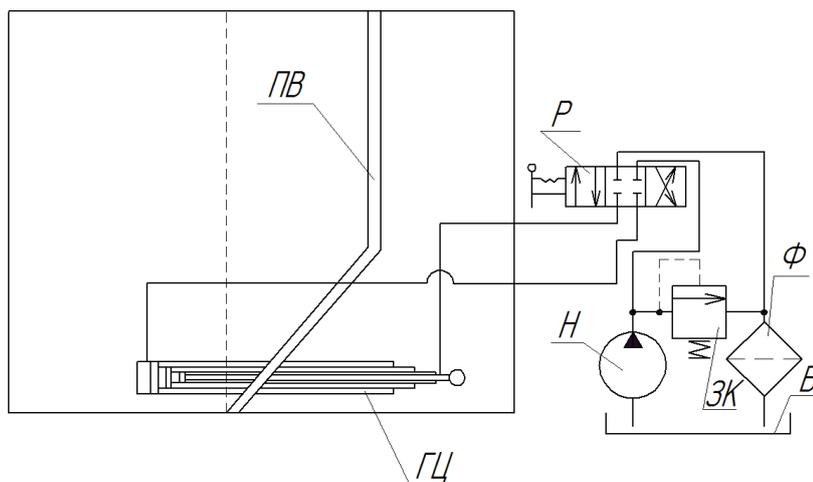


Рис. 2. Схема приводу гідроприводу виштовхувальної плити у сміттевозі КО-436:

Н – насос НШ150У-2Л лівого обертання; Б - маслобак; Ф – фільтр;
Р – гідравлічний розподільник; ЗК – запобіжний клапан; ГЦ – гідроциліндр;
ПВ – плита виштовхувальна

Насос у гідросистемі приводиться в дію від коробки відбору потужності, яка встановлена безпосередньо на коробці передач автомобіля. Під час робочого ходу плити виштовхування робоча рідина (РР) надходить у напірну порожнину гідроциліндра через розподільник, тоді як з напірної порожнини гідроциліндра рідина забезпечує подачу рідини у відповідну частину приводу для створення необхідного зусилля на плиту. Одночасно зі зливної порожнини гідроциліндра робоча рідина повертається через розподільник та фільтр у маслобак, забезпечуючи замкнутий цикл циркуляції та підтримання

необхідного об'єму рідини в системі. У режимі холостого ходу плити робоча рідина подається у зливну порожнину гідроциліндра через розподільник і фільтр направляється назад у маслобак. Така схема забезпечує безпечну роботу гідроприводу навіть без активного переміщення плити, підтримуючи циркуляцію робочої рідини та стабілізуючи параметри системи. Тиск у гідросистемі постійно контролюється за допомогою манометра (на схемі його розташування не показано), і при досягненні номінального значення в 10 МПа спрацьовує запобіжний клапан. У цей момент надмірний тиск автоматично скидається в маслобак, що запобігає перевантаженню елементів гідроприводу та можливому пошкодженню обладнання, забезпечуючи надійність і безпеку роботи всієї системи.

Як показано на рис. 3, сміттєвоз із заднім завантаженням складається з кількох основних компонентів, серед яких шасі автомобіля, кузов фургона, гідравлічний циліндр, механізм ущільнення та виштовхувальна плита, що детально зображено на рисунку 3, б [13]. Кузов сміттєвоза жорстко закріплений на рамі шасі, забезпечуючи надійну конструктивну основу для всіх робочих операцій. У задній частині транспортного засобу розташований механізм ущільнення, який відповідає за прийом відходів і початкове їх ущільнення перед подальшим переміщенням у кузов. Після початкового ущільнення відходи просуваються всередину кузова сміттєвоза за допомогою скребка, що взаємодіє з механізмом ущільнення. Кожна партія ущільнених відходів, а також ново завантажені відходи, поступово проштовхуються до задньої частини кузова фургона. При цьому виштовхувальна плита постійно рухається назад, створюючи необхідний тиск для ущільнення та рівномірного розподілу відходів по об'єму кузова. Виштовхувальна плита складається з передньої плити, каркаса рами, каркаса напямної рейки, опори циліндра та інших складових елементів. Будучи критичним несучим компонентом сміттєвозів із заднім завантаженням, механічні характеристики цієї плити безпосередньо впливають на продуктивність транспортного засобу, визначаючи ефективність завантаження, ущільнення, перевезення та вивантаження твердих побутових відходів.

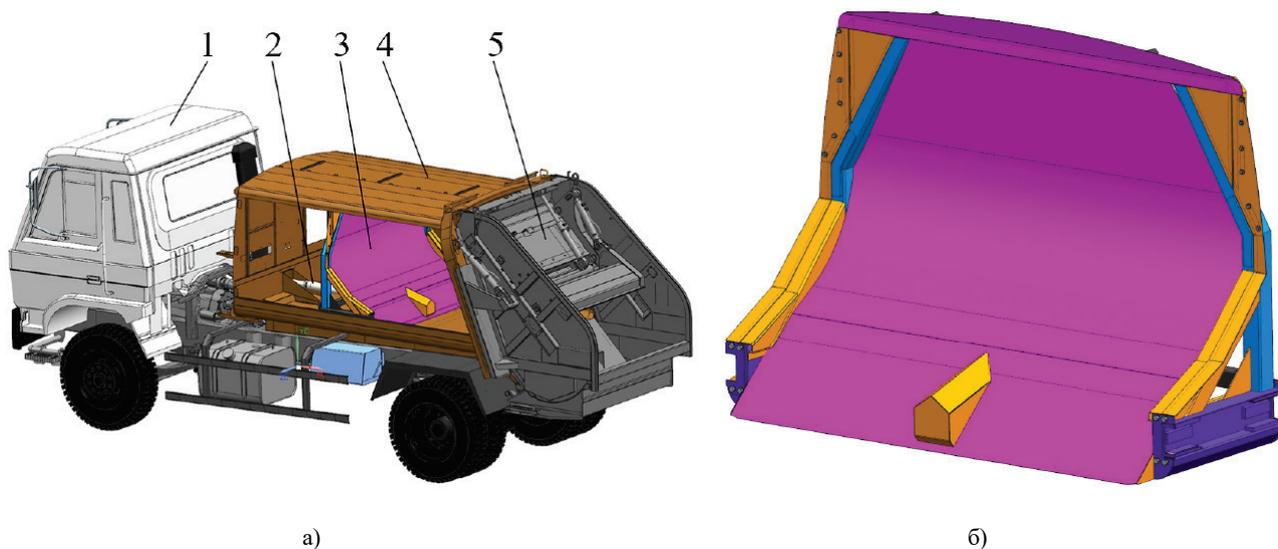


Рис. 3. Конструкція сміттєвоза із заднім завантаженням (а): 1 – шасі, 2 – циліндр, 3 – виштовхувальна плита, 4 – кузов сміттєвоза, 5 – попередній компресор; б) 3D-модель виштовхувальної плити

Під час експлуатації виштовхувальна плита піддається одночасному впливу кількох факторів: тягового зусилля, що передається гідравлічним циліндром, тертя між плитою та напямною рейкою, а також тиску екструзії від сміття. Вплив цих сил спричиняє деформацію каркаса плити, яка безпосередньо визначає зазор між виштовхувальною плитою та вантажним простором кузова. Цей зазор є критичним для повного розвантаження відходів, оскільки будь-яке збільшення деформації може призвести до залишку сміття всередині кузова. З огляду на це, конструкція виштовхувальної плити повинна гарантувати, щоб деформація каркаса рами не перевищувала 10 мм. Крім того, максимальне зовнішнє навантаження на всі елементи плити не повинно перевищувати 355 МПа, що забезпечує необхідну міцність і довговічність механізму. Для відповідності сучасним вимогам продуктивності конструкція плити також має поєднувати мінімальну масу з високою якістю виготовлення та надійністю всіх компонентів, що забезпечує ефективну і безпечну роботу сміттєвоза [13].

У дослідженні [13] для підвищення ефективності конструкції виштовхувальної плити застосовано комплексний підхід, що поєднує метод скінченних елементів, сурогатну модель Кригінга та

генетичний алгоритм. Метод скінченних елементів використовувався для визначення максимального робочого навантаження на плиту та аналізу її напружено-деформованого стану під дією сил експлуатації. На основі отриманих результатів розрахунків створено легку багатоцільову програму оптимізації структури, яка орієнтована на одночасне зменшення загальної деформації каркаса, маси плити та рівня напружень фон Мізеса. Систематична оптимізація дозволила отримати кінцеву конструкцію, що відзначається зниженням загальної маси виштовхувальної плити до 169,1 кг, що на 6,06 % менше порівняно з початковою версією, водночас зберігаючи всі необхідні експлуатаційні обмеження. Завдяки цьому конструкція плити поєднує легкість і міцність, забезпечуючи ефективне розвантаження твердих побутових відходів та надійну роботу сміттєвоза в різних умовах експлуатації.

У науковій статті [14] розглянуто підхід до аналітичного визначення величини енергії удару, яка передається робочим органом гідроімпульсного привода віброударного пристрою, призначеного для інтенсифікації процесу розвантаження кузову-самоскиду. Запропонована система дозволяє здійснювати оцінку енергетичних параметрів удару з урахуванням конструктивних і режимних характеристик гідроімпульсного привода, що забезпечує підвищення ефективності процесу вивантаження сипких і злежалих вантажів. Схема розташування гідроімпульсного привода віброударного пристрою для розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів наведена на рис. 4, а схема його підключення до гідросистеми базового автомобіля подана на рис. 5 [15]. Такий підхід дає змогу інтегрувати віброударний пристрій у вже існуючу гідросистему транспортного засобу без необхідності суттєвих конструктивних змін, що робить систему придатною для практичного впровадження на комунальному та будівельному транспорті.

Віброударний пристрій, призначений для полегшення процесу розвантаження, живиться від гідросистеми автомобіля-самоскида та забезпечує можливість дистанційного й незалежного регулювання режимів своєї роботи. Це досягається завдяки створенню в робочому гідроциліндрі пульсуючого тиску, який формується спеціальним клапаном-пульсатором (генератором імпульсів тиску). У результаті періодичної зміни тиску в системі виникає зворотно-поступальний рух інерційних мас, що генерує механічні вібрації. Ці вібрації передаються на кузов автомобіля-самоскида разом із завантаженим матеріалом, сприяючи ефективному відокремленню налиплого вантажу та повній очистці кузова під час його розвантаження [15]. Подібні технічні рішення можуть бути адаптовані й для удосконалення приводів робочих органів механізмів вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів. Застосування віброударних пристроїв у гідросистемах таких машин дозволить зменшити прилипання ТПВ до внутрішніх поверхонь кузова, скоротити час вивантаження, знизити енергетичні витрати та підвищити загальну ефективність роботи сміттєвозів.

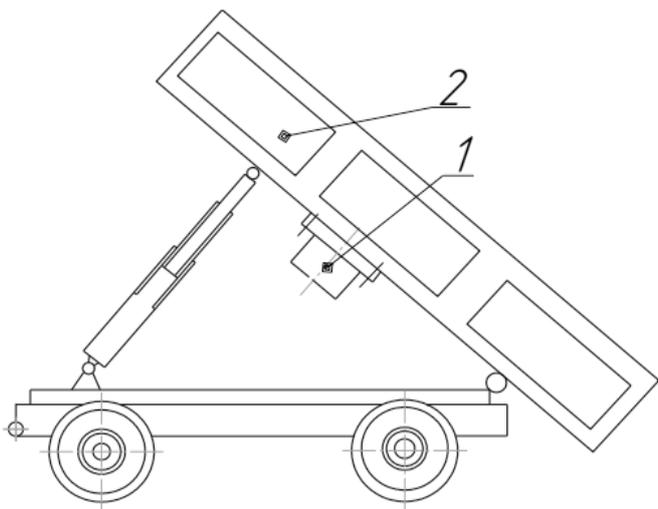


Рис. 4. Схема розташування гідроімпульсного приводу віброударного пристрою для розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів: 1 – віброударний пристрій, 2 – кузов-самоскид

У науковій статті [16] наведено нелінійну математичну модель динаміки гідроприводу виштовхувальної плити сміттєвоза, яка дає змогу детально дослідити роботу цього приводу та оцінити якісні характеристики перехідних процесів під час вивантаження твердих побутових відходів. Отримані результати моделювання дозволили виявити особливості зміни тиску, швидкості руху виконавчих органів і коливань навантаження в різних робочих режимах. На основі аналізу моделі визначено шляхи підвищення надійності гідроприводу та механізмів, що безпосередньо забезпечують процес вивантаження ТПВ. Крім того, встановлено регресійні залежності між показниками якості перехідних процесів і основними параметрами приводу, що відкриває можливість для оптимізації його конструктивних і регульовальних характеристик з метою підвищення ефективності, стабільності та довговічності роботи системи.

У роботах [17, 18] представлено лінійаризовану математичну модель гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза, яка дала змогу отримати наближені аналітичні залежності тиску в напірній магістралі гідроциліндра, швидкості та переміщення виштовхувальної плити від часу. Ці залежності можуть бути використані під час проектних і перевіірочних розрахунків нових

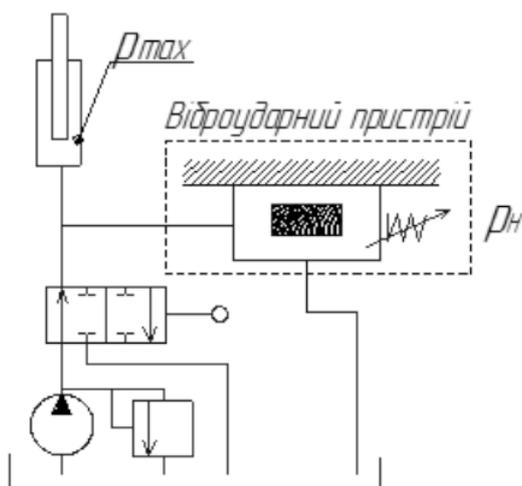


Рис. 5. Схема підключення гідроімпульсного приводу віброударного пристрою для розвантаження кузовів-самоскидів транспортних засобів до гідросистеми базового автомобіля

конструкцій сміттєвозів, зокрема для оптимізації параметрів гідросистеми та робочих органів. Крім того, у дослідженнях встановлено наближену залежність тривалості процесу вивантаження твердих побутових відходів від основних параметрів гідроприводу, що має практичне значення для попереднього інженерного аналізу ефективності роботи системи, а також для підбору раціональних характеристик гідроагрегатів і визначення енергетичних витрат під час роботи сміттєвоза.

У науковій статті [19] обґрунтовано доцільність використання композиційних напрямних зі стабільними характеристиками тертя у гідроприводі виштовхувальної плити сміттєвоза, що забезпечує підвищену надійність і передбачуваність роботи системи під час вивантаження твердих побутових відходів. Автори також отримали регресійні залежності показників якості перехідних процесів, які виникають під час пуску гідроприводу, що дозволяє оцінювати динаміку роботи приводу та вплив основних параметрів на ефективність вивантаження. Ці результати можуть бути використані для оптимізації конструкцій гідроприводів і підвищення загальної ефективності роботи сміттєвозів.

Одним із найсуттєвіших недоліків сучасних систем гідроприводу сміттєвозів є використання схеми з одним нерегульованим насосом постійної подачі, який працює з незмінною продуктивністю незалежно від поточних потреб виконавчих механізмів. Така конструкція є технологічно простою та надійною, однак її енергетична ефективність залишається низькою. У разі, коли виникає потреба змінити швидкість руху робочих органів або адаптувати гідросистему до змінних навантажень, регулювання здійснюється шляхом дроселювання потоку робочої рідини. При цьому значна частина подачі насоса, яка перебуває під високим тиском, скидається через запобіжний або перепускний клапан у гідробак, що призводить до значних непродуктивних втрат потужності.

Такі втрати не лише знижують загальний коефіцієнт корисної дії гідроприводу, але й сприяють перегріванню робочої рідини, підвищенню зношування ущільнювальних елементів, збільшенню навантаження на насос та скороченню його ресурсу. В умовах тривалої експлуатації це може стати причиною нестабільності тиску, нерівномірності руху робочих органів та передчасного виходу з ладу гідроапаратури.

Підвищення ефективності таких систем можливе шляхом застосування енергоощадних схем гідроприводу, побудованих за принципом «чутливості до навантаження» [20]. Сутність цього підходу полягає у тому, що подача насоса автоматично регулюється відповідно до потреб виконавчих механізмів у певний момент часу. Це дозволяє зменшити непродуктивні витрати робочої рідини, оптимізувати витрати потужності двигуна-приводу насоса та забезпечити стабільність швидкісних характеристик робочих органів при змінних навантаженнях. Застосування таких систем сприятиме зростанню енергоефективності, зменшенню теплових втрат і підвищенню надійності гідроприводів механізмів вивантаження ТПВ, що є важливим напрямом удосконалення сучасних сміттєвозів.

У дослідженні, представленою в роботі [21], розглянуто удосконалення гідроприводу опорно-поворотного пристрою, в якому як виконавчий елемент використано гідродвигун обертового типу. Основна ідея запропонованого вдосконалення полягає у застосуванні схеми гідроприводу, чутливої до навантаження. Така система забезпечує автоматичне регулювання подачі робочої рідини залежно від навантаження на виконавчому механізмі, що дозволяє оптимізувати роботу насоса та зменшити непродуктивні втрати потужності в процесі функціонування гідроприводу. Використання цієї схеми дозволяє підтримувати сталий тиск і витрату рідини, забезпечуючи плавність руху та точність позиціонування робочих органів навіть при змінних зовнішніх навантаженнях. Завдяки цьому досягається зростання енергоефективності гідросистеми, знижується рівень шуму, зменшується нагрів робочої рідини і підвищується довговічність елементів гідрообладнання. У підсумку впровадження такої схеми сприяє підвищенню коефіцієнта корисної дії системи керування гідроприводу, забезпечуючи стабільну та ефективну роботу пристрою в різних експлуатаційних режимах.

Вважаємо, що одним із перспективних напрямів підвищення ефективності механізмів вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів є впровадження гідравлічної системи, чутливої до навантаження. Така схема забезпечує автоматичне регулювання подачі робочої рідини відповідно до фактичного навантаження на виконавчі механізми, що дозволяє усунути надлишкові

витрати енергії, характерні для систем із нерегульованими насосами. Завдяки цьому відбувається мінімізація втрат потужності під час роботи гідроприводу, оптимізується розподіл енергії між робочими органами та знижується нагрів робочої рідини. У результаті підвищується загальний коефіцієнт корисної дії гідравлічної системи, покращується плавність і точність керування рухом робочих органів, а також забезпечується стабільна робота механізмів у різних експлуатаційних режимах. Таким чином, застосування навантаженочутливої схеми може стати ефективним шляхом удосконалення системи керування гідроприводом механізмів вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів та підвищення їхньої енергетичної ефективності. Це обумовлює проведення подальших досліджень.

Висновки

У результаті проведеного аналізу конструкцій та приводів робочих органів механізмів вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів було визначено низку перспективних напрямів їхнього удосконалення. Зокрема, встановлено, що одним із найефективніших шляхів підвищення енергетичної та функціональної ефективності таких систем є впровадження гідравлічної схеми, чутливої до навантаження. Застосування цієї схеми забезпечує автоматичне регулювання подачі робочої рідини відповідно до поточного навантаження на виконавчі механізми, що дозволяє уникнути надлишкових витрат енергії, характерних для систем із постійною подачею насоса. У результаті мінімізуються втрати потужності під час функціонування гідроприводу, підвищується коефіцієнт корисної дії системи керування, покращується стабільність і точність руху робочих органів у різних режимах роботи. Таким чином, впровадження схеми, чутливої до навантаження є доцільним напрямом вдосконалення механізмів вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів, що сприятиме підвищенню їхньої надійності, економічності та загальної продуктивності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Т. А. Орлова, “Екологічна оцінка земельних ділянок, зайнятих об’єктами поводження з відходами”, *Містобудування та територіальне планування: науково-технічний збірник*, вип. 25, с. 167-181. 2006.
- [2] Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. *Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2018 рік*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2018-rik/>.
- [3] Є. В. Колунаєв, “Перетворення твердих побутових відходів в процесі їх перевезення”, *Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»*, вип. 27, с. 123-132. 2015.
- [4] В. І. Савуляк, та О. В. Березюк, *Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів: монографія*. Вінниця, Україна: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. 217 с.
- [5] Кабінет Міністрів України. (2004, берез. 4). *Постанова № 265, Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
- [6] О. В. Піонткевич, “Вплив параметрів системи керування гідроприводом мобільної робочої машини на динамічні характеристики”, *Вісник машинобудування та транспорту*, № 2, с. 68-76. 2016.
- [7] Р. Д. Іскович-Лотоцький, В. П. Міськов, та А. В. Слабкий, “Динамічна та математична моделі вібропрес-молота з електрогідравлічним керуванням”, *Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні*, № 48, с. 3-10. 2014.
- [8] Л. К. Поліщук, О. В. Піонткевич, та О. О. Коваль, “Аналіз впливу параметрів системи керування на динамічні процеси гідропривода стрічкового конвеєра”, *Промислова гідравліка і пневматика*, № 2(52), с. 37-47. 2016.
- [9] Д. О. Лозинський, Л. Г. Козлов, О. В. Піонткевич, та О. І. Кавецький, “Оптимізація електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків”, *Вісник машинобудування та транспорту*, № 1, с. 87-91. 2023.
- [10] О. В. Березюк, “Науково-технічні основи проектування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів” дис. докт. техн. наук., фак-т інформ., Хмельницький національний університет. Хмельницький, 2021. 482 с.
- [11] *Сміттєвоз кузовний КО-424: технічний опис та інструкція з експлуатації*. Турбів, Україна, 1996. 27 с.
- [12] *Сміттєвоз кузовний КО-424: формуляр*. Турбів, Україна, 1996. 20 с.
- [13] F. S. Ding, H. M. Lyu, J. Chen, H. R. Cao, and L. X. Zhang, “Multi-Objective Optimization Design of the Ejector Plate for Rear-Loader Garbage Trucks”, *Strojnicki vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, no. 71.5-6, p. 169-178. 2025.
- [14] Р. Д. Іскович-Лотоцький, та Я. В. Іванчук, “Підвищення ефективності розвантаження матеріалів під дією періодичних ударних імпульсів”, *Вібрації в техніці і технологіях*, № 2, с. 8-11. 2008.
- [15] Р. Д. Іскович-Лотоцький, та Я. В. Іванчук, *Вібраційні та віброударні пристрої для розвантаження транспортних засобів: монографія*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2011. 155 с.
- [16] О. В. Березюк, “Дослідження динаміки гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів”, *Машинознавство*, № 10 (136), с. 25-28. 2008.
- [17] О. В. Березюк, “Моделювання гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза”, *Інтеграція економічних та технічних процесів: сучасний стан і перспективи розвитку: колективна монографія*. Харків: Діса плюс, с. 408-416. 2015.
- [18] О. В. Березюк, “Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза”, *Промислова гідравліка і пневматика*, № 34 (4), с. 80-83. 2011.

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

[20] Л. Г. Козлов, “Наукові основи розробки систем гідроприводів маніпуляторів з адаптивними регуляторами на основі нейронних мереж для мобільних робочих машин” дис. докт. техн. наук., фак-т інформ., Національний Університет “КПІ”. Київ, 2015. 421 с.

[21] О. В. Петров, О. С. Несімко, та Є. С. Гарбуз, “Удосконалення гідроприводу поворотного пристрою з гідродвигуном обертового типу”, на *XLV науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ*, Вінниця, 2016. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2016/paper/view/1302>. Дата звернення: Лист., 5, 2025.

Рекомендована кафедрою безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки

Стаття надійшла до редакції 11.11.2025

Березюк Олег Володимирович – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, <https://orcid.org/0000-0002-2747-2978>, e-mail: berezyukoleg@i.ua;

Мудрик Володимир Віталійович – аспірант кафедри технології та автоматизації машинобудування, <https://orcid.org/0009-0007-7122-406X>

Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

O. V. Bereziuk¹
V. V. Mudryk¹

Analysis of the structures and drives of the executive bodies of the mechanisms for unloading municipal solid waste from garbage trucks

¹Vinnitsia National Technical University

The purpose of the study is to analyze the design features and types of drives of the working bodies of the mechanisms that ensure the process of unloading municipal solid waste from garbage trucks, in order to further determine the directions of their technical improvement and increase energy efficiency. Within the framework of the work, a study of existing designs and hydraulic schemes of drives used in mechanisms for unloading municipal solid waste was carried out by analyzing scientific literature sources, technical documentation and patent materials. The purpose of this analysis is to identify patterns, advantages and disadvantages of modern technical solutions, as well as to determine promising ways to improve drive systems to increase their reliability, efficiency and reduce energy losses during operation. The hydraulic drive of the working bodies of garbage trucks, as a rule, receives power from the central pumping station of the vehicle, which creates the necessary pressure to perform the operations of compression, lifting, tipping and unloading of waste. The paper presents and analyzes the structural diagrams of unloading mechanisms developed both in domestic and foreign practice. The comparative analysis showed that a typical problem for most models of garbage trucks is the use of a hydraulic drive with one unregulated pump, which operates with a constant flow regardless of the current load. In such systems, the speed of movement of the working elements is regulated mainly by throttling the flow, as a result of which the excess working fluid under high pressure is discharged through a safety valve into the hydraulic tank. This leads to significant unproductive power losses, increased energy consumption, overheating of the working fluid and a decrease in the overall efficiency of the hydraulic system. The results of the analysis showed that one of the most promising directions for the modernization of such systems is the introduction of load-sensitive hydraulic circuits that provide automatic regulation of the pump flow in accordance with the needs of the actuators. The use of such systems allows to significantly reduce power losses, optimize energy consumption, reduce noise level and temperature load on the hydraulic system. As a result, this contributes to increasing the efficiency of hydraulic drive control of working bodies in various operating modes, improving the reliability of municipal solid waste unloading mechanisms and extending the service life of hydraulic equipment.

Keywords: structure, hydraulic drive, working body, unloading mechanism, ejector plate, garbage truck, municipal solid waste.

Bereziuk Oleh Volodymyrovych – Doct. Sc. (Eng.), Associated Professor, Professor of the Chair Security of Life and Pedagogic of Security, <https://orcid.org/0000-0002-2747-2978>, e-mail: berezyukoleg@i.ua;

Mudryk Volodymyr Vitaliyovych – Post-Graduate Student the Chair of Technology and Automation of Mechanical Engineering, <https://orcid.org/0009-0007-7122-406X>