

УДК 629.361:628.4

О. В. Березюк, д. т. н., доц.; В. Є. Яворський**АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І РОБОЧИХ ОРГАНІВ МЕХАНІЗМІВ
ЗАВАНТАЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ У СМІТТЄВОЗ**

У містах і селищах міського типу України щорічно утворюється близько 54 млн. м³, твердих побутових відходів 93,8 % яких вивозяться на полігони і сміттєзвалища, 2 % спалюється на сміттєспалювальних заводах, а 4,2% потрапляє на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні заводи. Тому одним із найважливіших заходів щодо захисту навколишнього середовища є своєчасний збір, вивезення, переробка та утилізація твердих побутових відходів. Зростаючі вимоги до якості обслуговування населення, у тому числі і в галузі санітарного очищення території, обумовлюють високі вимоги до техніки, що використовується для цих цілей.

В статті проведено аналіз конструкцій і робочих органів механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз з метою виявлення шляхів їхнього удосконалення. Це необхідно для забезпечення комунального господарства України високопродуктивними багатофункціональними сміттєвозами маніпуляторного типу для збирання твердих побутових відходів. Привод робочих органів механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз – гідравлічний з джерелом живлення від насосної станції сміттєвоза. Наведені схеми вітчизняних та закордонних механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз. Зазначено, що загальним недоліком цього класу машин є те, що вони оснащені гідроприводом на базі одного нерегульованого насоса. Це призводить до того, що за необхідності регулювання швидкості руху робочих органів, частина витрати робочої рідини насоса під високим тиском буде через запобіжний клапан надходити в гідробак, обумовлюючи значні непродуктивні втрати потужності.

Встановлено, що одним із шляхів удосконалення механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз є застосування схеми, чутливої до навантаження. Яка дозволить провести мінімізацією втрат потужності під час роботи гідроприводу, що забезпечує підвищення показників коефіцієнта корисної дії системи керування гідроприводу робочих органів у різних режимах роботи.

Ключові слова: конструкція, робочий орган, механізм завантаження, маніпулятор, сміттєвоз, тверді побутові відходи.

Вступ

Для комунального господарства України потрібні високопродуктивні багатофункціональні спеціальні автомобілі (сміттєвози) маніпуляторного типу [1 – 6] для збирання твердих побутових відходів (ТПВ). У містах і селищах міського типу країни щорічно утворюється близько 54 млн. м³, ТПВ 93,8 % яких вивозяться на полігони і сміттєзвалища, 2 % спалюється на сміттєспалювальних заводах, а 4,2% ТПВ потрапляє на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні заводи [7]. Щорічний приріст ТПВ складає 0,5 % [8]. Тому одним із найважливіших заходів щодо захисту навколишнього середовища є своєчасний збір, вивезення, переробка та утилізація ТПВ. Зростаючі вимоги до якості обслуговування населення, у тому числі і в галузі санітарного очищення території, обумовлюють високі вимоги до техніки, що використовується для цих цілей. Тільки на перевезення відходів до місця утилізації за межі санітарної зони в 30 кілометрів витрачається більше 45 тисяч тонн пального в рік [9].

Постановка проблеми

Відповідно до постанови Кабміну України № 265 [10] одним із пріоритетних напрямів поведіння з ТПВ в Україні є забезпечення застосування сучасних високоефективних

сміттєвозів. Тому огляд конструкцій і робочих органів механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз з метою виявлення шляхів їхнього удосконалення, є актуальною науково-технічною задачею.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є аналіз конструкцій і робочих механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз з метою виявлення шляхів їхнього удосконалення.

Методи і матеріали

В роботі проведено аналіз конструкцій і робочих механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз.

Основна частина

Відомі три основні схеми завантаження ТПВ у кузов сміттєвоза: бічного, переднього та заднього завантаження [9].

На рис. 1 наведена схема бічного завантаження ТПВ у кузов сміттєвоза [11]. Кузов містить змонтовану на рамі 1 сміттєвоза стрілу 2 з можливістю повороту і закріпленій на ній за допомогою осі 3 захват, що повертається відносно цієї осі гідроциліндром 4. Захват складається з підставки, виконаної у вигляді поздовжньої балки 13 і корпусу 5, і пов'язаних з ним нерухомої губки 6 і Г-подібного притиску, який складається з стійки 7 і підхвату 8. Між корпусом 5 і Г-подібним притиском на осях 9 і 10 встановлено гідроциліндр 11. Осі 9 і 10 встановлюються у вухах 12 корпусу 5 і Г-подібного притиску. Між Г-подібним притиском і поздовжньою балкою 13 на осях 10 і 14 встановлений гідроциліндр 15 із гідрозамком.

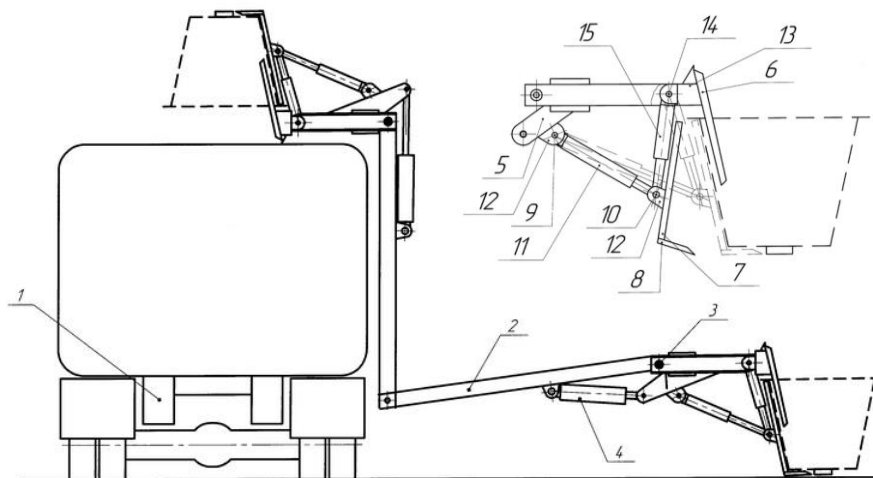


Рис. 1. Схема бічного завантаження ТПВ у кузов сміттєвоза

Пристрій працює наступним чином. Сміттєвоз під'їжджає до контейнера на бічну відстань 1,6...2 м, захват виводиться з транспортного положення в робоче гідроциліндром 4. Після чого опускається стріла 2. Г-подібний притиск, який складається зі стійки 7 і підхвату 8, і нерухома губка 6 знаходяться в розкритому стані і між ними утворюється гарантований зазор. Це забезпечується тим, що при втягуванні штока гідроциліндра 11 відхиляється Г-подібний притиск. Стріла 2 опускається до тих пір, поки нерухома губка 6 не увійде в контейнер до упору його реборди в бак сміттєвого контейнера. Вона пересуває Г-подібний притиск до нерухомої губки 6 і затискає стінку контейнера між губкою 6 і стійкою 7. Гідроциліндром 15 із гідрозамком підхвату 8 стійка 7 притискається до днища контейнера.

Контейнер піднімається стрілою 2 за допомогою гідроциліндра 4 до розвантажувального вікна сміттєвоза. При підйомі контейнер днищем спирається на підхват 8. Після вивантаження контейнер опускається на майданчик. При висуванні штока гідроциліндра 15 підхват 8 відводиться від днища контейнера, і при втягуванні штока гідроциліндра 11 Г-подібний притиск відхиляється від контейнера, піднімається і повертається у вихідне положення.

Таке виконання захвату дозволяє зменшити діючі на нього зусилля, підвищити надійність його роботи і запобігає деформацію стінок контейнера.

Автором роботи [12] встановлено, що в стандартних сміттєвозах втрати ТПВ зв'язані з складною траєкторією руху маніпулятора. Тому для підвищення продуктивності та зниження втрат ТПВ у кожному циклі завантаження розроблено конструкцію маніпулятора, яка підвищує продуктивність процесу завантаження кузова за рахунок зниження втрат ТПВ і скорочення часу циклу шляхом зміни траєкторії руху контейнера (рис. 2). Одночасно з цим підвищується екологічність процесу, поліпшуються умови роботи оператора.

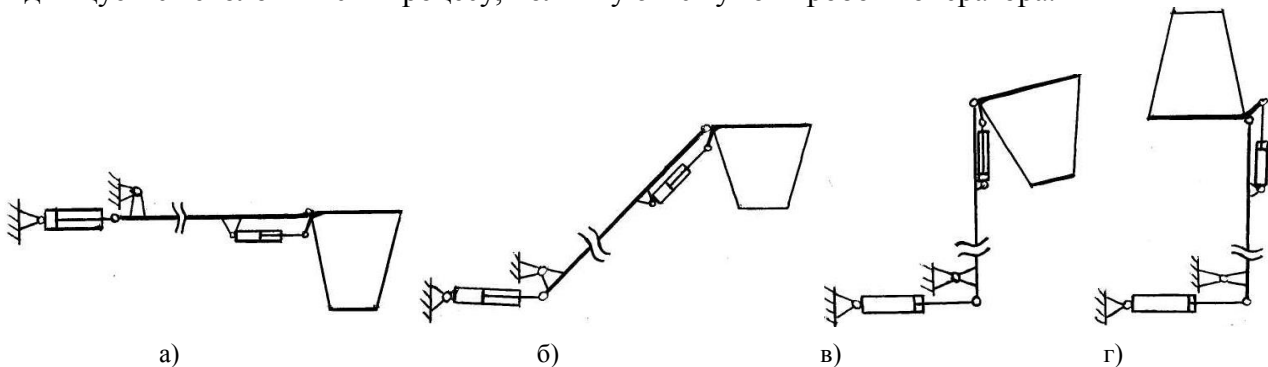


Рис. 2. Позиційні схеми роботи маніпулятора: а) захват контейнера; б) піднімання стріли; в) перекидання контейнера; г) вивантаження ТПВ

В роботі [13] запропонована схема та методика визначення маси ТПВ, що завантажуються в сміттєвоз у місцях збору за бічного завантаження (рис. 3). Зважування контейнерів, що завантажуються в кузов сміттєвоза у місцях збору, здійснюється за допомогою пристрою визначення маси завантажувального у транспортний засіб вантажу. Для коректного визначення маси контейнера з ТПВ необхідно, щоб при зважуванні завантажувальне обладнання завжди знаходилося в однаковому положенні.

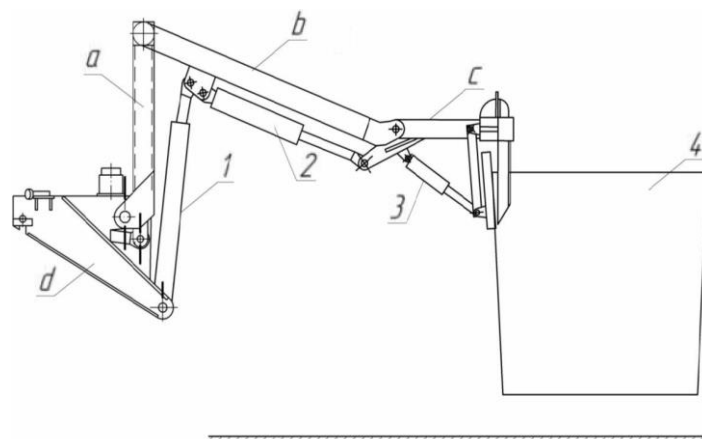


Рис. 3. Просторове положення завантажувального обладнання під час зважування контейнера з ТПВ: 1 – гідроциліндр зламу стріли, 2 – гідроциліндр перекидання контейнера, 3 – гідроциліндр захоплення, 4 – контейнер; а, б, с, d – ланки маніпулятора

Поширеність бічного способу завантаження ТПВ складає 25 % і обумовлена наявністю на території України з часів СРСР широкого парку стаціонарних (безколісних) сміттевих контейнерів об'ємом 0,75 і 0,8 м³.

Основним недоліком бічної схеми завантаження ТПВ у кузов сміттєвоза є нерівномірність зносу ресор, що призводить до його крену в сторону маніпулятора, зображеного на рис. 4 [12], через несиметричність прикладеного навантаження.



Рис. 4. Крен сміттєвоза в сторону маніпулятора за бічного завантаження ТПВ у кузов сміттєвоза

Сміттєвози з переднім (фронтальним) завантаженням ТПВ є з'єднанням фронтального навантажувача та транспортного сміттєвоза (рис. 5 [14]). Завантаження контейнера з відходами проводиться кантувачем через люк у верхній частині кузова.

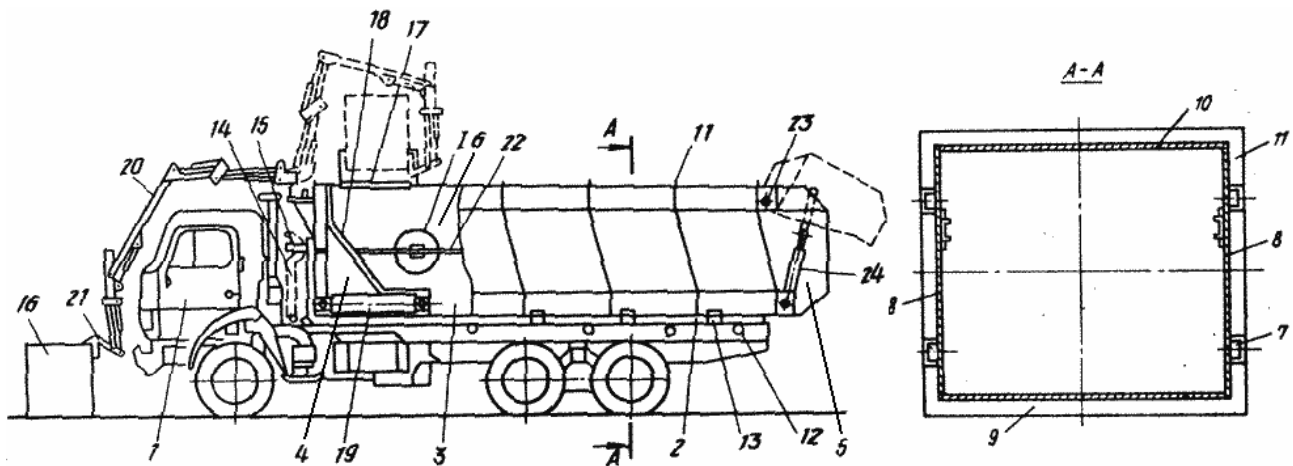


Рис. 5. Схема кузовного сміттєвоза з переднім завантаженням: 1 – шасі, 2 – несуча рама, 3 – кузов, 4 – завантажувальний модуль, 5 – розвантажувальний модуль, 6 – проміжні модулі, 7 – каркас, 8 – бічні стінки, 9 – днище, 10 – дах, 11 – фланці, 12 – опорні ролики, 13 – блокувальні замки, 14 – гачковий захват, 15 – вловлювач, 16 – контейнер, 17 – завантажувальне вікно, 18 – штовхальна плита, 19 – гідроциліндр, 20 – рухомо-поворотна стріла, 21 – захват, 22 – напрямні, 23 – шарнір, 24 – гідропривод

Сміттєвоз із переднім завантаженням зручно використовувати під час спорожнення євроконтейнерів об'ємом 2,0...5,0 м³. Але великі габарити транспортного сміттєвоза та переднє розташування кантувача потребують великої площі для маневрування, що обумовлює незначну поширеність (5 %) цього способу завантаження ТПВ у сміттєвози.

Найбільш поширеними (70 %) за способом завантаження ТПВ є сміттевози із заднім завантаженням (рис. 6). Вони добре пристосовані для роботи в обмежених умовах і можуть використовуватися там, де відсутня контейнерна система збору ТПВ. Більшість машин цього типу має вантажне шасі 1, на якому змонтований кузов коробчатої форми 2 з шарнірно прикріпленим до нього заднім бортом.

У його нижній частині встановлений приймальний ківш 3 (завантажувальний бункер), що є основою для кріплення подаючої (верхньої) плити ущільнюючого механізму, з якою шарнірно з'єднана поворотна ущільнююча (нижня) плита.

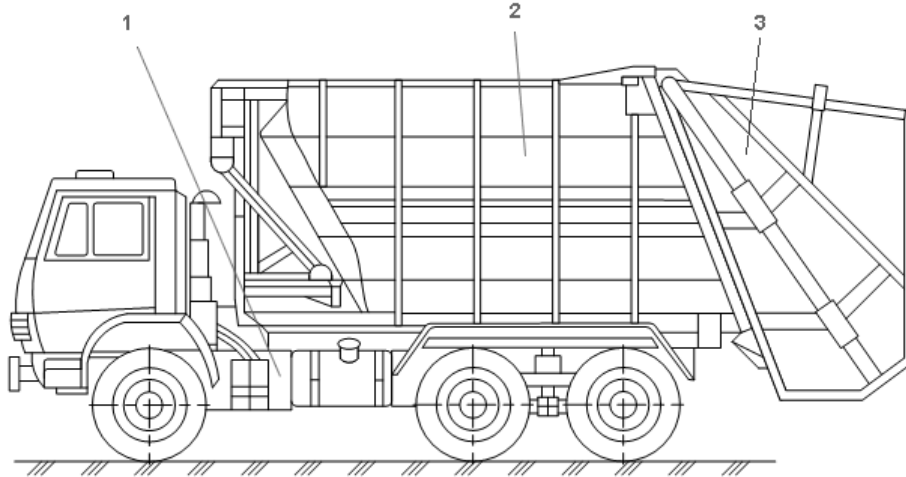


Рис. 6. Схема сміттевоза із заднім завантаженням ТПВ

Схема завантаження ТПВ у сміттевоз із заднім способом завантаження наведена на рис. 7.

Задній борт більшості таких машин оснащений універсальним захватом, який працює з будь-якими типами смітєвих контейнерів, що мають об'єм до $1,1 \text{ м}^3$. Такий сміттевоз захоплює, піднімає та спорожняє будь-які баки масою до 500 кг. Необхідна лише наявність двох умов: бак повинен бути з колесами, які дозволяють його підкотити до захвату; майданчик повинен бути рівним. Особливості заднього завантаження дозволяють значно прискорити обслуговування одного майданчика збору ТПВ.

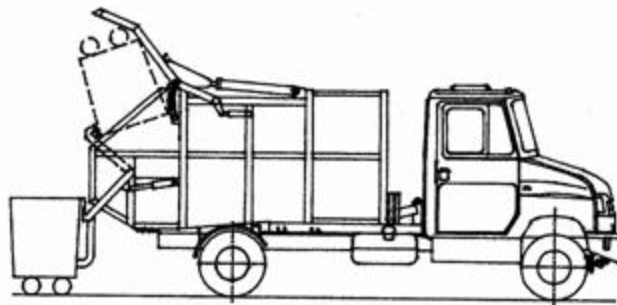


Рис. 7. Схема завантаження ТПВ у сміттевоз із заднім способом завантаження

Спільним недоліком відомих схем завантаження ТПВ у кузов сміттевоза є можливість неповного спорожнення контейнера, спричинена самоущільненням відходів під час наповнення ними контейнера, а також механічною (структурною) зв'язністю ТПВ та здатністю налипати на стінки контейнера з кутом нахилу до горизонту до $65...70^\circ$.

Тому було створено конструкцію вібраційного витрушувача контейнера з ТПВ в кузов сміттевоза, в якому за рахунок введення нових конструктивних елементів та зв'язків досягається забезпечення під час зворотного ходу парних гідроциліндрів вібраційне витрушування ТПВ в кузов сміттевоза із контейнера у випадку його неповного випорожнення. Що приводить до підвищення якості роботи сміттевоза за рахунок усунення

імовірності неповного випорожнення контейнера з ТПВ. Конструкція вібраційного витрушувача захищена патентом України на корисну модель 91672 U [15].

Поставлена задача вирішується тим, що в гідропривід перевертання контейнера з ТПВ в кузов сміттєвоза введено генератор імпульсів тиску. Його вхід з'єднаний через двопозиційний гідророзподільник зі штоковою магістраллю парних гідроциліндрів, а вихід – через двопозиційний гідророзподільник зі поршневою магістраллю парних гідроциліндрів.

На рис. 8 зображена схема вібраційного витрушувача контейнера з ТПВ в кузов сміттєвоза [16]. Гідропривід перевертання контейнера з ТПВ в кузов сміттєвоза містить гідронасос 2, який через живильну магістраль з'єднаний з маслобаком 7 через фільтр 6. На поршневій магістралі встановлено запобіжний клапан 4 та трипозиційний гідророзподільник 3. Парні гідроциліндри 1 з'єднані з трипозиційним гідророзподільником 3 за допомогою магістралей. Вхід генератора імпульсів тиску 5 з'єднаний через двопозиційний гідророзподільник 13 із штоковою магістраллю 11 парних гідроциліндрів 1, а вихід – через двопозиційний гідророзподільник 13 із поршневою магістраллю 10 парних гідроциліндрів 1. Запобіжний клапан 4 через штокову магістраль 11 з'єднаний з маслобаком 7 через фільтр 6. На схемі також показано важелі 8, захват 9 та контейнер 12.

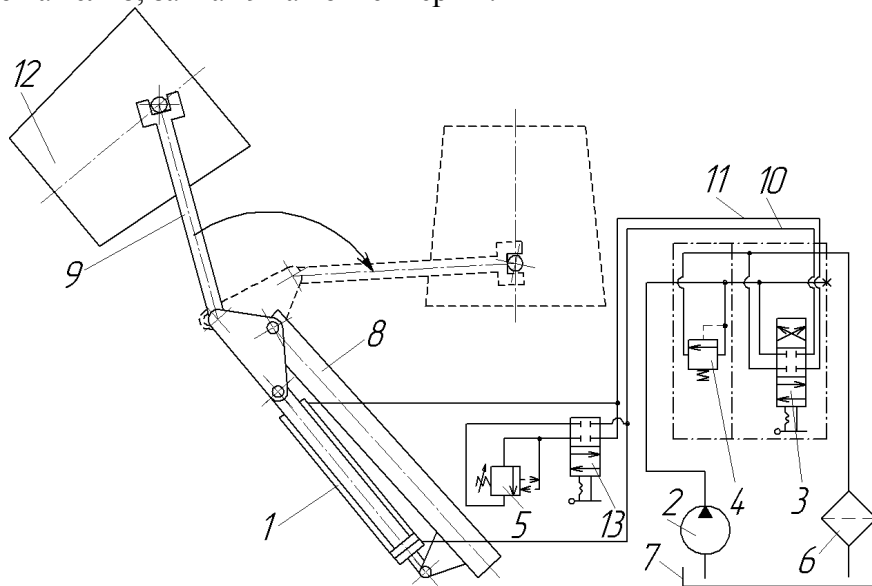


Рис. 8. Схема вібраційного витрушувача контейнера з ТПВ в кузов сміттєвоза

В роботі [17] визначено основні характеристики генератора імпульсів тиску вібраційного витрушувача.

Завантаження ТПВ у бункер сміттєвоза складається з двох послідовних технологічних операцій: повороту важеля маніпулятора та перевертання захвату контейнера. Із загальної тривалості технологічної операції завантаження ТПВ у сміттєвоз основну частину (75 %) займає поворот важеля маніпулятора.

Матеріали статті [18] містять нелінійну математичну модель динаміки гідроприводу повороту важеля маніпулятора під час виконання технологічної операції завантаження ТПВ у сміттєвоз, яка дозволила дослідити динаміку вказаного приводу [19] та провести оптимізацію основних його параметрів [20].

В роботі [21] запропонована лінеаризована математична модель гідроприводу повороту важеля маніпулятора на технологічній операції завантаження ТПВ у сміттєвоз. Вона дозволила отримати наближені аналітичні залежності: тиску в напірній магістралі гідроциліндра, кутової швидкості та кута повороту важеля маніпулятора від часу.

В статті [22] опублікована нелінійна математична модель динаміки гідроприводу

перевертання контейнера під час виконання технологічної операції завантаження ТПВ у сміттєвоз, яка дозволила дослідити динаміку вказаного приводу. В роботі [23] запропонована лінеаризована математична модель гідроприводу перевертання контейнера. Вона дозволила отримати наближені аналітичні залежності: тиску в напірній магістралі гідроциліндра, кутової швидкості та кута перевертання контейнера від часу.

Загальним недоліком цього класу машин є те, що вони оснащені гідроприводом на базі одного нерегульованого насоса. Це призводить до того, що за необхідності регулювання швидкості руху робочих органів, частина витрати робочої рідини насоса під високим тиском буде через запобіжний клапан надходити в гідробак, обумовлюючи значні непродуктивні втрати потужності. Непродуктивні втрати потужності під час регулювання швидкісних режимів робочих органів машин зменшуються в гідроприводах побудованих за принципом «чутливі до навантаження» [24].

В роботі [25] запропоновано удосконалення гідроприводу опорно-поворотного пристрою з гідродвигуном обертального типу на основі схеми, чутливої до навантаження. Застосування схеми дозволяє провести мінімізацією втрат потужності під час роботи гідроприводу, що забезпечує підвищення показників ККД системи керування гідроприводу у різних режимах роботи.

На нашу думку одним із шляхів удосконалення механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз є застосування схеми, чутливої до навантаження, яка дозволить провести мінімізацією втрат потужності під роботи гідроприводу. Це забезпечує підвищення показників ККД системи керування гідроприводу робочих органів у різних режимах роботи.

Висновки

Проведено аналіз конструкцій і робочих органів механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз з метою виявлення шляхів їхнього удосконалення. Встановлено, що одним із шляхів удосконалення механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз є застосування схеми, чутливої до навантаження, яка дозволить провести мінімізацією втрат потужності під час роботи гідроприводу. Це забезпечує підвищення показників ККД системи керування гідроприводу робочих органів у різних режимах роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ловейкін В. С. Оптимізація режимів руху крана-маніпулятора з гідроприводом. Монографія / В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич, О. О. Сподоба. – К. : ЦК "КОМПРІНТ", 2021. – 262 с.
2. Serebryansky A. I. Constructive exception of friction reversibility based on the analysis of the operating characteristics of joint manipulators / A. I. Serebryansky, D. A. Kanishev, V. N. Kaptsov // Europäische Fachhochschule. – 2013. – № 5. – P. 21 – 24.
3. Міщук Д. О. Практика застосування методу рою частинок в задачі оптимізації режиму руху маніпулятора / Д. О. Міщук, Є. О. Міщук, Є. В. Горбатюк // Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry. – 2022. – С. 25 – 30.
4. Волянюк В. Шляхи удосконалення крано-маніпуляторних установок / В. Волянюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2013. – № 81. – С. 26 – 32.
5. Lagerev A. V. Dynamic processes of loader cranes manipulators with excessive backlashes and elastic damping in their hinges / A. V. Lagerev, I. A. Lagerev // Periodica Polytechnica, Mechanical Engineering. – 2020. – Vol. 64, № 1. – P. 7 – 14.
6. Любін М. В. Автомобілі з гідроманіпулятором для бічного розвантаження контейнерів / М. В. Любін // Матеріали II регіональної науково-технічної конференції "Перспективи розвитку двигунів внутрішнього згорання працюючих на різних видах палива". – 2016. – С. 45 – 48.
7. 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/> (дата звернення: 21.08.2020).

8. Крейндин Л. М. Опыт некоторых стран в компостировании бытовых отходов / Л. М. Крейндин // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 1989. – № 2. – С. 51 – 56.
9. Березюк О. В. Науково-технічні основи проектування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.02.02 «Машинознавство» / О. В. Березюк. – Хмельницький, 2021. – 46 с.
10. Кабінет Міністрів України. Постанова № 265 «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами» [Електронний ресурс] 4 березня 2004. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
11. Пат. 2400417 РФ, МПК (2006.01) В 65 F 3/04. Захват устройства для разгрузки контейнеров в кузов мусоровоза / Носенко А. С., Каргин Р. В., Алтунина М. С., Мирошниченко О. С.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный технический университет». – № 2009108816/11 ; заявл. 10.03.2009 ; опубл. 27.09.2010, Бюл. № 27.
12. Домницкий А. А. Повышение эффективности кузовных мусоровозов совершенствованием конструкции манипулятора и системы технического обслуживания : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» / А. А. Домницкий. – Новочеркасск, 2007. – 21 с.
13. Lobov N. V. Improving the process of transport of solid municipal waste by automobile transport / N. V. Lobov, D. V. Maltsev, E. M. Genson // Proceedings of IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 632, № 1. – P. 012033.
14. А. с. 1373638 СССР, МКИ В 65 F 3/02. Мусоровоз / Е. Н. Изотов, В. Х. Рождественский, Я. Л. Ильчук. – № 4033456 ; заявл. 11.03.86 ; опубл. 15.02.88, Бюл. № 6.
15. Пат. 91672 U Україна, МПК (2014.01) В 65 F 3/00. Гідропривод перевертання контейнера з твердими побутовими відходами в кузов сміттєвоза / Березюк О. В.; заявник і патентовласник О. В. Березюк. – № u201401777 ; заявл. 24.02.2014 ; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13.
16. Березюк О. В. Системи приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Промислова гідраліка і пневматика. – 2017. – № 3 (57). – С. 65 – 72.
17. Березюк О. В. Підвищення надійності механізму завантаження твердих побутових відходів в кузов сміттєвоза / О. В. Березюк // Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій : матеріали VI-ої міжнар. конф., 13-15 вер. 2018 року. Ч. 1. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 22 – 24.
18. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 4. – С. 81 – 86.
19. Березюк О. В. Дослідження динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози / О. В. Березюк // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2009. – № 33. – С. 403 – 406.
20. Березюк О. В. Оптимізація завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози / О. В. Березюк // Системи прийняття рішень в економіці, техніці та організаційних сферах : від теорії до практики : колективна монографія у 2 т. Т. 2. / за заг. ред. Л. М. Савчук. – Павлоград : АРТ Синтез-Т, 2014. – С. 75 – 83.
21. Березюк О. В. Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу повороту важеля маніпулятора на операції завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 3. – С. 93 – 98.
22. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів перевертання контейнера під час завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз / О. В. Березюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 5. – С. 60 – 64.
23. Berezyuk O. V. Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart / O. V. Berezyuk, V. I. Savulyak // Technical Sciences. – 2017. – № 20 (3). – P. 259 – 273.
24. Козлов Л. Г. Наукові основи розробки систем гідроприводів маніпуляторів з адаптивними регуляторами на основі нейромереж для мобільних робочих машин : дис. ... докт. техн. наук : 05.02.02 / Козлов Леонід Геннадійович. – Київ, 2015. – 421 с.
25. Удосконалення гідроприводу поворотного пристрою з гідродвигуном обертального типу [Електронний ресурс] / О. В. Петров, О. С. Несімко, Є. С. Гарбуз // Матеріали XLV науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 23-24 березня 2016 р. – 2016. – Режим доступу : <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2016/paper/view/1302>.

Стаття надійшла до редакції 10.11.2023.

Стаття пройшла рецензування 25.11.2023.

Березюк Олег Володимирович – д. т. н., доцент, професор кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки.

Яворський Вадим Євгенійович – аспірант кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки.

Вінницький національний технічний університет.