

О. В. Березюк, д. т. н., доц.; А. Є. Алексєєв

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА ПРИВОДІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МЕХАНІЗМІВ УЩІЛЬНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ У СМІТТЄВОЗИ

В Україні щорічно накопичується близько 54 мільйони кубічних метрів твердих побутових відходів, з яких 93,8 % направляються на сміттєзвалища та полігони, 2 % піддаються спалюванню на сміттєспалювальних заводах, а 4,2 % потрапляє на пункти збору вторинної сировини та сміттєпереробні заводи. Тому вітчизняне комунальне господарство повинно мати в своєму розпорядженні високопродуктивні та багатофункціональні спеціальні автомобілі, зокрема сміттєвози, призначені для ефективного збору твердих побутових відходів.

Метою цього дослідження є аналіз конструкцій та приводів робочих органів механізмів для ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі для визначення можливостей їхнього подальшого вдосконалення. У цій роботі здійснено аналіз конструкцій та приводів робочих органів механізмів ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі методом аналізу наукових літературних джерел з метою виявлення можливих шляхів покращення їхньої ефективності. Гідравлічний привод робочих органів механізмів для ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі живиться від насосної станції сміттєвоза. У роботі наведені схеми вітчизняних та закордонних механізмів ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі. Виявлено, що загальною проблемою цього типу машин є використання гідроприводу на основі одного нерегульованого насоса. Це призводить до ситуації, коли для регулювання швидкості роботи робочих органів частина робочої рідини під високим тиском направляється у гідравлічний бак через запобіжний клапан, що веде до значних непродуктивних втрат потужності.

Дослідження підтверджує, що одним із способів покращення механізмів для ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі є застосування чутливої до навантаження схеми. Це може сприяти мінімізації втрат потужності гідроприводу під час роботи, що в свою чергу призведе до підвищення ефективності системи керування гідроприводу робочих органів у різних робочих режимах.

Ключові слова: конструкція, гідропривід, робочий орган, механізм ущільнення, ущільнююча плита, сміттєвоз, тверді побутові відходи.

Вступ

Вітчизняне комунальне господарство повинно мати в своєму розпорядженні високопродуктивні та багатофункціональні спеціальні автомобілі, зокрема сміттєвози, призначені для ефективного збору твердих побутових відходів (ТПВ). Щорічно в українських містах і селищах міського типу накопичується близько 54 мільйони кубічних метрів ТПВ, з яких 93,8 % направляються на сміттєзвалища та полігони, 2 % піддаються спалюванню на сміттєспалювальних заводах, а 4,2 % потрапляє на пункти збору вторинної сировини та сміттєпереробні заводи [1]. Річний приріст обсягів ТПВ становить 0,5 % [2]. Одним із ключових заходів для збереження екології є своєчасна організація збору, вивезення, переробки та утилізації ТПВ. Зростаючі вимоги до якості обслуговування населення, зокрема у санітарному очищенні територій, визначають високі стандарти для використовуваної техніки в цих цілях. Лише на транспортування відходів до місць утилізації за межі санітарної зони на відстань у 30 кілометрів споживається понад 45 тисяч тонн пального щорічно [3].

В залежності від походження твердих відходів, фракційного складу, пори року та

погодних умов їхня щільність змінюється в межах від 100 до 500 кг/м³. Тому після вивантаження кожного контейнера з ТПВ у бункер сміттєвоза обов'язково виконується операція їхнього ущільнення [4 – 6]. Чим вищий коефіцієнт ущільнення, тим краще використовується об'єм бункера та вантажопідйомність автомобіля [7 – 10]. У сміттєвозах вітчизняного виробництва відходи вдається ущільнювати в 2,2 рази, що значно менше ніж на кращих світових зразках цієї техніки. Додатковим недоліком недостатнього коефіцієнту ущільнення є неповне виділення рідкої фракції ТПВ на місці їхнього збирання. Внаслідок цього частина цієї фракції витікає на вулиці населених пунктів, що забруднює їх та зменшує епідеміологічну стійкість.

Постановка проблеми

Згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 265 [11] одним із пріоритетних напрямів поводження з ТПВ в Україні є забезпечення застосування сучасних високоефективних сміттєвозів. Тому аналіз конструкцій та приводів робочих органів механізмів ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі з метою виявлення шляхів їхнього удосконалення, є актуальною науково-технічною задачею.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є аналіз конструкцій та приводів робочих органів механізмів ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі з метою виявлення шляхів їхнього удосконалення.

Методи і матеріали

У роботі використано метод аналізу наукових джерел.

Основна частина

Аналіз [12] тенденцій удосконалення приводів пресування ТПВ у сміттєвозах показує, що чітко відслідковується тенденція до підвищення їхньої ефективності шляхом:

- збільшення коефіцієнта ущільнення;
- збільшення робочого тиску в гідросистемі приводів робочих органів, що дозволяє зменшити масу машини та її собівартість.

На рис. 1 показана схема приводу плити пресування ТПВ у сміттєвозі КО-436 [13, 14].

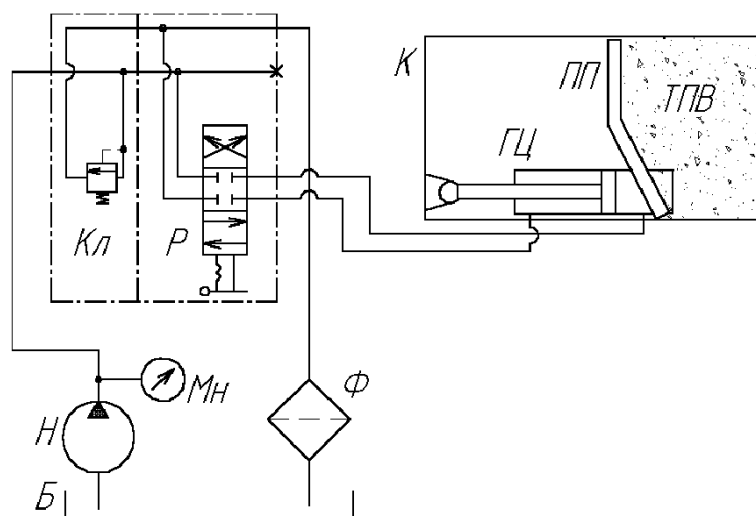


Рис. 1. Схема приводу плити пресування ТПВ у сміттєвозі КО-436: Н – насос НШ50У-2Л лівого обертаня; Б – маслябак; Ф – фільтр; Р – гідравлічний розподільник; Кл – запобіжний клапан; ГЦ – гідроциліндр; К – кузов сміттєвоза, ПП – плита пресування

Насос приводиться в дію від коробки відбору потужності, встановленої на коробці передач автомобіля. Під час робочого ходу ПП робоча рідина (РР) подається в напірну порожнину гідроциліндра через розподільник. Одночасно зі зливної порожнини гідроциліндра РР через розподільник і фільтр потрапляє в маслобак. При холостому ході ПП РР подається в зливну порожнину гідроциліндра через розподільник. Одночасно з напірної порожнини гідроциліндра РР через розподільник і фільтр потрапляє в маслобак. Тиск у гідросистемі контролюється манометром МН, і при досягненні номінального значення – 10 МПа спрацьовує запобіжний клапан Кл і надмірний тиск скидається в маслобак. Така схема гідроприводу дозволяє отримати ущільнення відходів з коефіцієнтом 1,8...2,2, що значно поступається кращим світовим зразкам.

На рис. 2 зображена схема вібраційного гідроприводу ущільнюючої плити сміттєвоза [15].

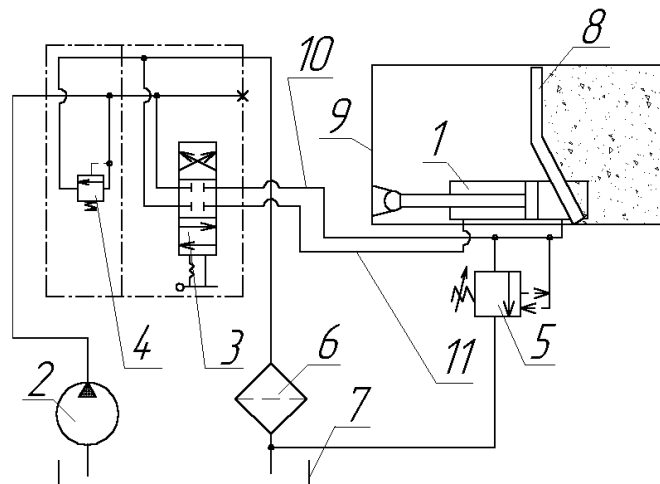


Рис. 2. Схема вібраційного гідроприводу ущільнюючої плити сміттєвоза: 1 – гідроциліндр; 2 – гідронасос; 3 – гідророзподільник; 4 – запобіжний клапан; 5 – генератор імпульсів тиску; 6 – фільтр; 7 – маслобак; 8 – плита пресування; 9 – кузов сміттєвоза; 10 – напірна магістраль; 11 – зливна магістраль

Вібраційний гідропривід ущільнюючої плити сміттєвоза працює таким чином: після завантаження ТПВ у кузов сміттєвоза 9 здійснюється їх ущільнення плитою пресування 8. Керування гідроциліндром 1 здійснюється гідророзподільником 3. Привод плити пресування 8 забезпечує рух за допомогою гідроциліндра 1. Живлення гідроциліндра 1 здійснюється від гідронасоса 2. На етапі попереднього пресування ущільнення ведеться статичним способом. Після досягнення певного значення зусилля пресування та відповідного тиску в напірній магістралі 10 спрацьовує генератор імпульсів тиску (ГІТ) 5. При чому ГІТ 5 забезпечує генерування імпульсів тиску для вібраційного ущільнення ТПВ. При досягненні тиску в гідросистемі внаслідок перевищення зусилля пресування зверх допустимого спрацьовує запобіжний клапан 4, який через зливну магістраль 11 та фільтр 6 відводить робочу рідину в бак 7.

Відома також конструкція сміттєвоза КО-427, особливістю якого є те, що ТПВ переміщуються плитою пресування у кузов сміттєвоза і допресовуються спеціальною (подаючою) плитою [16]. Схема пресування ТПВ у сміттєвозі КО-427 показана на рис. 3.

Після завантаження прийомного ковша (рис. 3, а), плита пресування піднімається, подаюча плита 4 опускається за допомогою гідроциліндра 11 і накриває ТПВ у ковші (рис. 3, б). Далі здійснюється попереднє пресування, при якому плита пресування опускається за допомогою гідроциліндра 12 і вигрібає з ковша ТПВ, підпресовуючи їх (рис. 3, в). При остаточному пресуванні подаюча плита піднімається і переміщає ТПВ у кузов, пресуючи їх. Цим досягається дещо більший коефіцієнт ущільнення ТПВ (рис. 3, г).

Авторами [17] запропонована конструкція сміттевоза, в якому ущільнення ТПВ здійснюється одразу в кількох напрямках, завдяки чому підвищується ступінь їх ущільнення у верхній та центральній частині кузова. Схема ущільнення ТПВ та гідросхема сміттевоза показані на рис. 4.

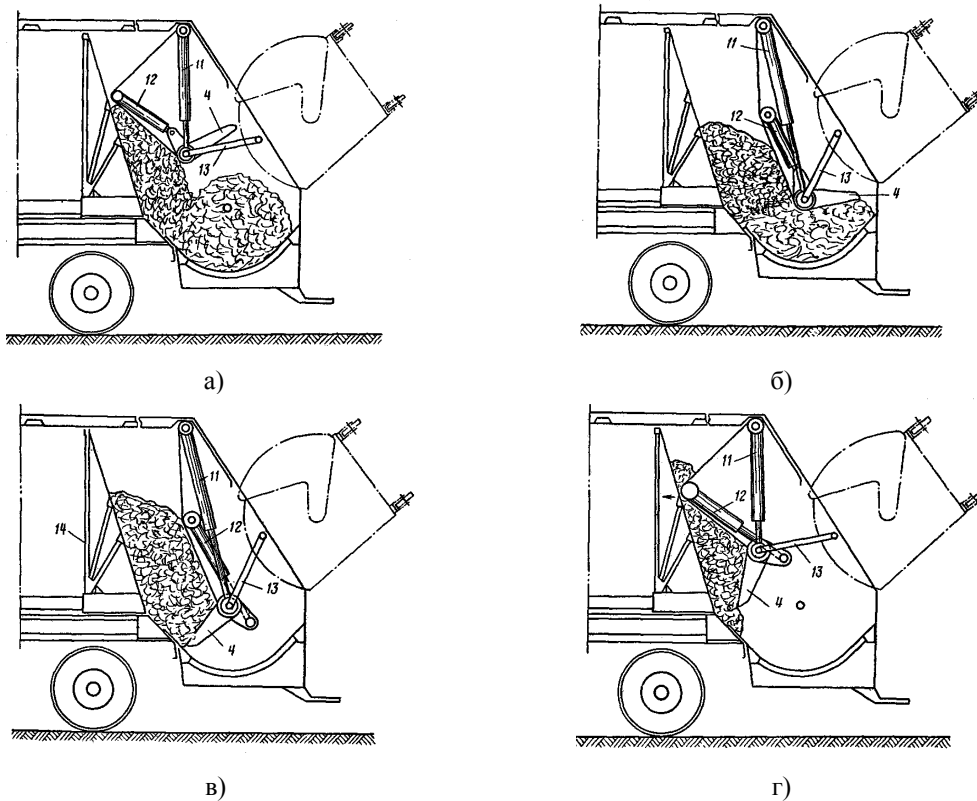


Рис. 3. Схема пресування ТПВ у сміттевозі КО-427: а) перекидання ТПВ із контейнера в приймальний бункер; б) опускання подаючої плити; в) попереднє пресування; г) остаточне пресування

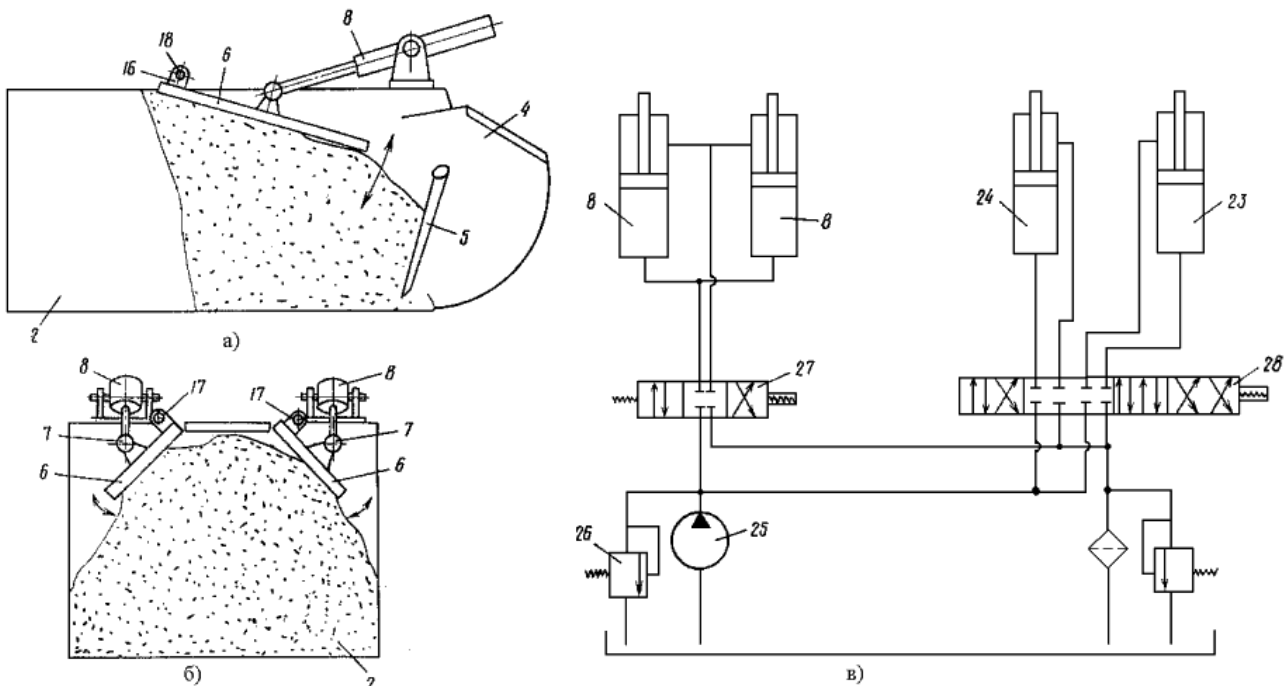


Рис. 4. Схема ущільнення ТПВ та гідросхема сміттевоза: а) у площині, паралельній до стінки кузова; б) у площині, перпендикулярній до стінки кузова; в) гідравлічна схема управління

Сміттевоз працює наступним чином: ТПВ завантажуються в бункер 4 і плитою для пресування 5 переміщуються в кузов 2, поступово заповнюючи його до рівня кришки. Потім у роботу вступає плита пресування 6, при цьому шток гідроциліндра 23 привода тяги (на рисунку не показано) та виступи 17 знаходяться у витягнутому положенні. Фіксація плити пресування 6 здійснюється виступами 18, які встановлені у проушини 16. При витягненні штоків гідроциліндрів 8 перша та друга частина плити пресування 6 повертаються навколо шарнірів, утворених проушинами 16 та виступами 18, здійснюючи ущільнення ТПВ у площині, паралельній до бічних стінок кузова 2 (рис. 4, а).

Після цього гідроциліндри 8 піднімають першу та другу частини плити пресування 6 у верхнє положення і, перемикаючи гідророзподільник 28, за допомогою гідроциліндра 23 переміщують вперед повздовжню тягу, втягуючи виступи 17 у проушини (на рисунку не показано). При цьому гідроциліндр 24 висуває поперечну тягу (на рисунку не показано) із виступами 18 із проушин 16. Наступне висування штоків гідроциліндрів 8 забезпечує поворот частин плити пресування 6 у площині, перпендикулярній до бокових стінок кузова 2 (рис. 4, б). По мірі завантаження кузова ТПВ за допомогою гідророзподільника 28 проводиться чергування напрямку переміщення плити пресування 6, яке узгоджується з роботою плити пресування 5. Додаткове ущільнення ТПВ плитою 6 може виконуватися на шляху переїзду між пунктами їхнього збору.

На відміну від традиційного способу ущільнення ТПВ за допомогою плити пресування, у сміттевозах ROTOPRESS фірми FAUN KUKA відходи пресуються за допомогою пресового шнека в кузові, що має форму обертового барабана [18]. Гідравлічний привод обертання контейнера складається з аксіально-поршневого регульованого насоса і аксіально-поршневого двигуна, які з'єднані між собою з силовим замиканням у замкненому циклі. Схема гідропроводу обертання контейнера сміттевоза ROTOPRESS показана на рис. 5.

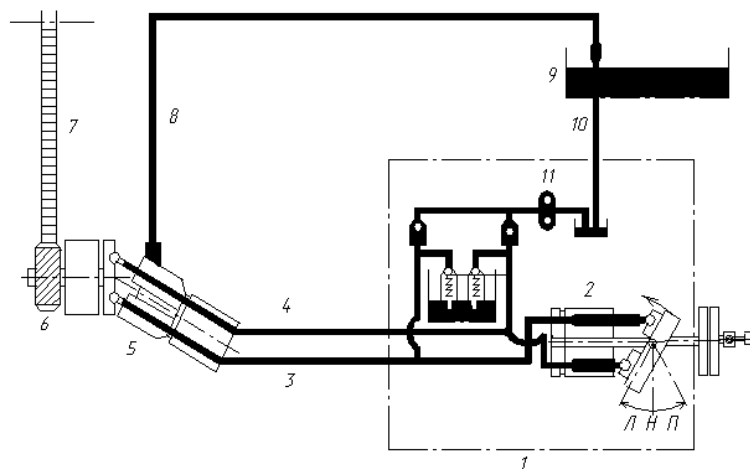


Рис. 5. Схема гідропроводу обертання контейнера сміттевоза ROTOPRESS: 1 – насосна станція; 2 – аксіально-поршковий регульований насос (виконаний у вигляді похилого диска), Л – обертання контейнера вліво (розвантаження), Н – нейтральне положення, П – обертання контейнера вправо (завантаження); 3 – труборівід високого тиску; 4 – труборівід низького тиску; 5 – аксіально-поршковий двигун; 6 – привідна шестерня; 7 – зубчасте колесо; 8 – зливний труборівід; 9 – бак; 10 – всмоктувальний труборівід; 11 – живильний насос

Підвищити ступінь ущільнення ТПВ за рахунок збільшення ходу ущільнювача у вертикальному напрямку і закручування ТПВ при його переміщенні вздовж кузова пропонує автор [19].

Аналіз відомих приводів пресування ТПВ показав, що відходи в сміттевозах ущільнюються за допомогою статичного способу пресування, можливості якого з підвищення коефіцієнта ущільнення обмежені. На думку автора роботи [15], збільшити

коефіцієнт ущільнення ТПВ можливо шляхом використання технологій вібраційного пресування, використання якого для пресування порошкових матеріалів дозволило суттєво знизити, порівняно зі статичним пресуванням, робоче зусилля ущільнення [20]. Але без попереднього зневоднення ТПВ використання вібрацій під час їхнього пресування дає лише обмежений ефект. На сьогодні нам невідомі конструкції сміттевозів із використанням цих технологій, що вимагає створення нових конструкцій приводів сміттевозів із використанням зневоднення ТПВ та проведення додаткових досліджень.

Загальний вигляд розробленого авторами [21] в програмі SolidWorks прикладного пакета Simulation роторно-інерційного пристрою наведено на рис. 6. При розробці конструкційної системи брикетування бралися до уваги задачі функціональності спецтехніки та її обладнання. Оптимальні межі варіювання технічних характеристик пристрою визначені методом силового розрахунку при дослідженні сил і моментів, створюваних натягувачем, ротором, що подає, і пресуючою стрічкою.

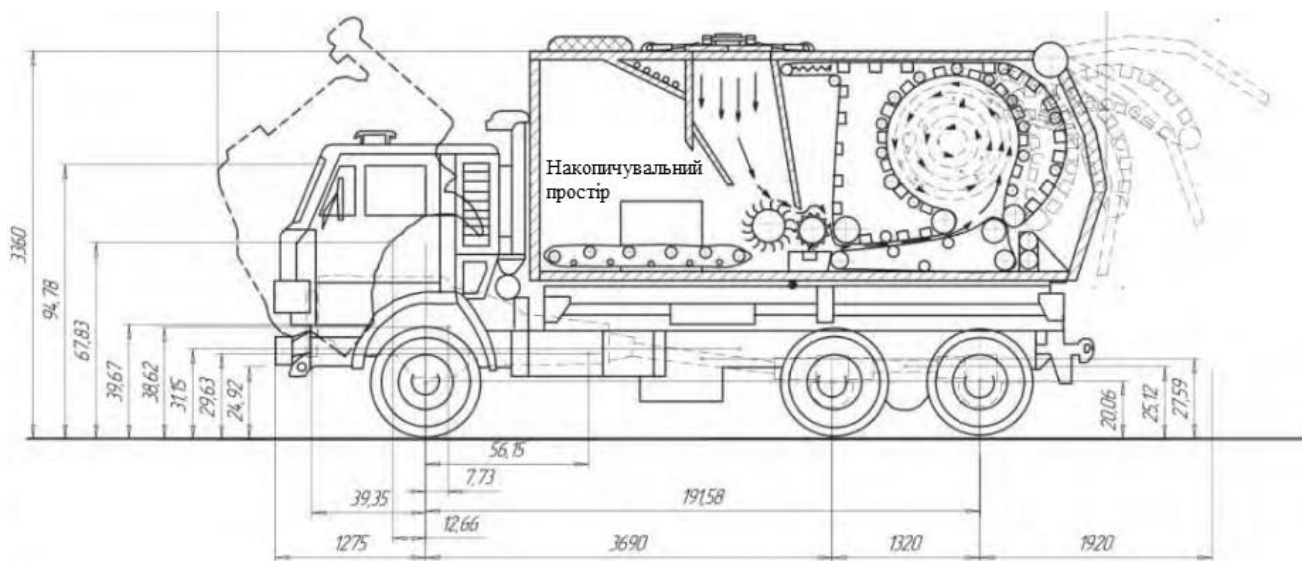


Рис. 6. Схема загального вигляду брикетувального роторно-інерційного пристрою на базі шасі КамАЗ

На рис. 7. показана кінематична схема брикетувального пристрою. Роторно-інерційний пристрій складається з гідромотора, що приводить в дію суцільний планчастий транспортер з прогумованими ременями, який обертає і формує брикетований рулон стійкої форми. Завантаження твердих побутових відходів у кузов здійснюється за допомогою маніпулятора через люк у даху кузова (пульт керування робочими органами розташований з правого боку автомобіля), потім захоплюючим ротором ТПВ подається на ріжучий ротор з ножами. Під час ввімкнення гідромотора 7 починають обертатися захоплюючий та ріжучий ротори, які подають подрібнені відходи на нижній транспортер 8. На нижньому транспортері ТПВ попередньо пресується пресувальним барабаном, і по транспортерній стрічці подається в робочу петлю. Робоча петля виготовлена з ременів, армованих тканиною, з поперечними планками. Цей матеріал забезпечує більш високу щільність пресування та пропускну здатність. Після подрібнення ТПВ передається в зазор між пресувальним барабаном і нижнім транспортером. Тут ТПВ підпресовується, надходить у робочу петлю, де скручується в рулон і остаточно пресується за рахунок ефекту скручування. Коли рулон досягне діаметра приблизно 1,4 метра, а робоча петля збільшиться так, що холоста петля стане мінімальною, його датчик введе в дію в'язальний апарат. В'язальний апарат обв'яже рулон вибраним матеріалом обв'язки (шпагатом, плівкою, сіткою). Під час доставки спресованого рулону на полігон водій за допомогою пульта керування підніме кузов, відкриє задній борт і готовий

рулон впаде на землю. Потім слід опустити кузов, задній борт закрити, тоді робоча петля повернеться до початкового положення і процес пресування можна повторити.

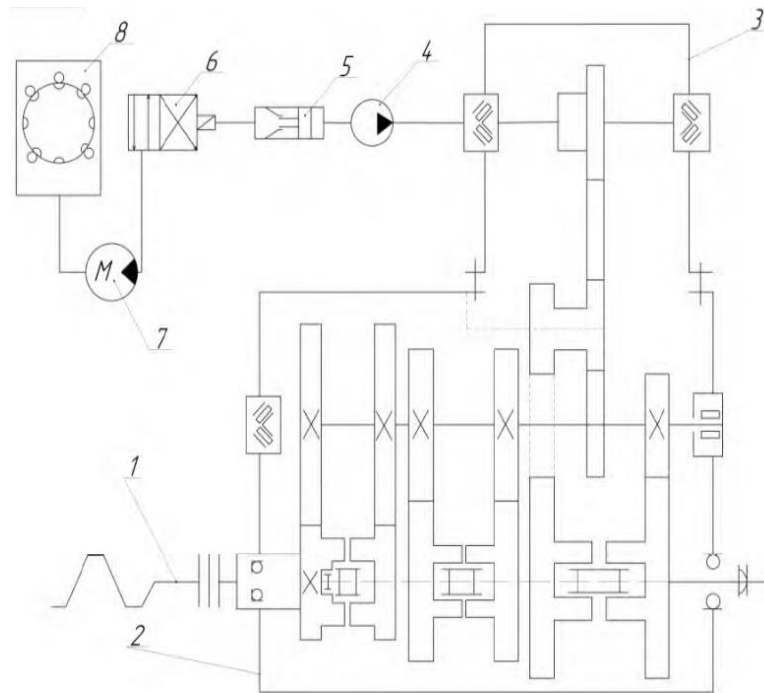


Рис. 7. Кінематична схема брикетувального пристрою:

1 – двигун, 2 – коробка передач, 3 – коробка відбору потужності, 4 – насос 310.256.04У1, 5 – масляний фільтр, 6 – гідророзподільник, 7 – гідромотор, 8 – роторно-інерційний пристрій

В матеріалах статті [22] опублікована нелінійна математична модель динаміки гідроприводу плити для пресування ТПВ у сміттєвозі, яка враховує компресійні властивості твердих побутових відходів та дозволяє дослідити динаміку вказаного приводу, а також визначити якісні характеристики перехідних процесів під час ущільнення ТПВ.

У роботі [23] досліджена стійкість гідроприводу пресування ТПВ, побудована структурна та еквівалентна структурна схеми гідроприводу пресування, визначено область стійкості його перехідних процесів під час пуску.

Вплив матеріалів напрямних плити для пресування відходів на динаміку гідроприводу досліджено в статті [24]. Також досліджено вплив кута нахилу плити пресування, об'єму контейнера та об'єму ТПВ в кузові на якість перехідних процесів в гідроприводі.

У матеріалах роботи [25] запропоновано лінеаризовану математичну модель вібраційного гідроприводу пресування ТПВ з використанням генератора імпульсів тиску диференціальної дії, що дозволила отримати аналітичні залежності частоти та амплітуди від основних параметрів вказаного приводу, які можуть бути використані для виконання попередніх проектних розрахунків його параметрів.

Вплив основних параметрів вібраційного гідроприводу на показники вібрації в процесі ущільнення ТПВ досліджено у статті [26]. За допомогою проведення багатофакторного експерименту отримано рівняння регресії для амплітуди, частоти та потужності вібрацій під час ущільнення ТПВ.

Одним із загальних недоліків цього типу машин є використання гідроприводу на основі одного нерегульованого насоса. Ця конструкція призводить до ситуації, коли за необхідності регулювання швидкості руху робочих органів частина робочої рідини насоса, що перебуває під високим тиском, направляється через запобіжний клапан в гідробак, що призводить до значних непродуктивних втрат потужності. Ефективність цього процесу може бути покращена в гідроприводах, побудованих за принципом "чутливі до навантаження" [27], що

призводить до зменшення непродуктивних втрат потужності під час регулювання швидкісних режимів робочих органів машин.

У дослідженні, яке описано у роботі [28], наведено вдосконалення гідروприводу опорно-поворотного пристрою з гідродвигуном обертального типу. Це вдосконалення базується на використанні схеми, чутливої до навантаження, що дозволяє здійснити мінімізацію втрат потужності під час роботи гідроприводу. Цей підхід сприяє підвищенню коефіцієнта корисної дії системи керування гідроприводу в різних робочих режимах.

Вважаємо, що одним із способів покращення механізмів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз є впровадження схеми, яка є чутливою до навантаження. Ця схема дозволяє здійснити мінімізацію втрат потужності під час функціонування гідроприводу, що в свою чергу призводить до підвищення ефективності системи керування гідроприводу робочих органів у різних робочих режимах.

Висновки

У проведеному аналізі конструкцій та приводів робочих органів механізмів ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі було виявлено можливі шляхи для їхнього удосконалення. Визначено, що ефективним методом покращення механізмів ущільнення є впровадження схеми, чутливої до навантаження. Ця схема дозволяє здійснити мінімізацію втрат потужності в процесі функціонування гідроприводу, що призводить до підвищення показників коефіцієнта корисної дії системи керування гідроприводу робочих органів у різних робочих режимах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Крейндин Л. М. Опыт некоторых стран в компостировании бытовых отходов / Л. М. Крейндин // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 1989. – № 2. – С. 51 – 56.
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/> (дата звернення: 21.08.2020).
3. 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» / Березюк Олег Володимирович. – Хмельницький, 2021. – 46 с.
4. Савуляк В. І. Експериментальне дослідження пружно-пластичних властивостей твердих побутових відходів / В. І. Савуляк, О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2002. – № 5. – С. 59 – 61.
5. Семірненко С. Л. Дослідження процесу виготовлення паливних брикетів із відходів соняшника / С. Л. Семірненко, Ю. І. Семірненко // Experimental and theoretical research in modern science. – 2022. – С. 254 - 258.
6. Березюк О. В. Визначення залежності тиску пресування твердих побутових відходів від основних параметрів процесу на основі планування багатофакторного експерименту / О. В. Березюк // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків : НТУ “ХПІ”. – 2009. – № 25. – С. 131 – 136.
7. Модернізація механізму пресування гранулятора рослинних відходів / Ф. Ю. Ялпачик, Ф. Е. Ялпачик, В. О. Олексієнко та ін. // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 8-11 вересня 2015 р. – Харків-Мелітополь-Кирилівка, 2015. – С. 119 – 120.
8. Березюк О. В. Планування багатофакторного експерименту для дослідження вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 3 (55). – С. 92 – 97.
9. Пурдик В. П. Експериментальні дослідження процесу пресування паливних брикетів з деревинної сировини / В. П. Пурдик, Н. А. Возній // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2018. – № 5. – С. 92 - 97.

10. Березюк О. В. Шляхи підвищення ефективності збирання та транспортування твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : Збірник наукових праць. – Вінниця : Універсум, 2004. – С. 117 – 121.

11. 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>.

12. Савуляк В. І. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів : монографія / В. І. Савуляк, О. В. Березюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 217 с.

13. Мусоровоз кузовної КО-424 : [техническое описание и инструкция по эксплуатации]. – Турбов, 1996. – 27 с.

14. Мусоровоз кузовної КО-424 : [формуляр]. – Турбов, 1996. – 20 с.

15. Березюк О. В. Вібраційний гідропривод плити пресування твердих побутових відходів у сміттєвозах : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.03 / Березюк Олег Володимирович. – Вінниця, 2005. – 217 с.

16. А. с. 1012795 СССР, МКИ В 65 F 3/20. Устройство для загрузки мусора в кузов мусоровоза / Марсель Колэн (Франция). – № 3291952 ; заявл. 20.05.80 ; опубл. 15.04.83, Бюл. № 14.

17. А. с. 793891 СССР, МКИ В 65 F 3/00. Мусоровоз / В. И. Баловнев, Г. М. Белоцерковский, Е. М. Букреев [и др.]. – № 2794198 ; заявл. 03.07.79 ; опубл. 07.01.81, Бюл. № 1.

18. Pressmullfahrzeuge Faun Kuka Rotopress. – Osterholz-Scharmbeck, 1995. – Р. 2 – 3.

19. А. с. 1601041 СССР, МКИ В 65 F 3/14. Мусоровоз / И. И. Кравченко. – № 4619140 ; заявл. 13.12.88 ; опубл. 23.10.90, Бюл. № 39.

20. Искович-Лотоцкий Р. Д. Машины вибрационного и виброударного действия / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. Б. Матвеев, В. А. Крат. – Київ : Техніка, 1982. – 208 с.

21. Savinkin V. V. Development of an Energy-Efficient Rotary Inertia Device for Briquetting Household Solid Waste (HSW) / V. V. Savinkin, V. N. Kuznetsova, A. S. Abilmazhinova // World of transport. – 2020. – № 18 (1). – Р. 38 – 57.

22. Савуляк В. І. Дослідження динаміки приводу плити для пресування твердих побутових відходів / В. І. Савуляк, О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2002. – № 4. – С. 83 – 86.

23. Савуляк В. І. Стійкість гідроприводу пресування відходів / В. І. Савуляк, О. В. Березюк // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : Тематич. зб. наук. пр. – ДДМА, Краматорськ, 2004. – С. 53 – 56.

24. Савуляк В. І. Вплив матеріалів напрямних плити для пресування відходів на динаміку гідроприводу / В. І. Савуляк, О. В. Березюк // Вибрації в техніці і технологіях. – 2003. – № 3. – С. 52 – 54.

25. Березюк О. В. Аналітичне дослідження математичної моделі вібраційного гідроприводу пресування твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – 2008. – № 38. – С. 96 – 102.

26. Березюк О. В. Вплив основних параметрів вібраційного гідроприводу на показники вібрації в процесі ущільнення твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій : збірник наукових праць. – 2009. – № 8. – С. 380 – 387.

27. 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.

28. 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. – Електрон. текст. дані. – 2016. – Режим доступу : <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2016/paper/view/1302>.

Стаття надійшла до редакції 24.11.2023.

Стаття пройшла рецензування 02.12.2023.

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

Алексєєв Андрій Євгенійович – аспірант кафедри технології та автоматизації машинобудування. Вінницький національний технічний університет.