

О. В. Березюк, м. н. с.

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБИРАННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Для сучасного комунального господарства України потрібні високопродуктивні багатофункціональні спеціалізовані автомобілі (сміттєвози) для збирання та транспортування твердих побутових відходів (ТПВ), яких у містах і селищах міського типу країни щорічно утворюється близько 40 млн. м<sup>3</sup>, з яких 96,5% вивозяться на полігони і сміттєзвалища, 2,2% спалюються, 1,3% переробляються. При цьому щорічний приріст ТПВ за масою складає 0,5% [1]. Перевезення відходів до місця утилізації при середній відстані 20 кілометрів призводить до витрат пального більше ніж 30 тисяч тон на рік. Таким чином, підвищення ефективності використання комунальної техніки є актуальною науково-технічною проблемою.

В залежності від походження ТПВ, фракційного складу, пори року та погодних умов їх густина змінюється в межах від 100 до 500 кг/м<sup>3</sup>. Тому, після вивантаження кожного контейнера з ТПВ в бункер сміттєвоза, обов'язково виконується операція їх ущільнення. Підвищення коефіцієнта ущільнення призведе до кращого використання об'єму бункера та вантажопідйомності автомобіля. Кращі світові зразки сміттєвозів пресують ТПВ з коефіцієнтом ущільнення до 5, а на вітчизняних аналогах цієї техніки відходи вдається ущільнювати лише в 2,2 рази. Низький коефіцієнт ущільнення ТПВ є причиною того, що при їх ущільненні рідка фракція не відділяється на місці їх збору, а це призводить до зниження епідеміологічної стійкості населених пунктів.

Найбільшим підприємством України, що виготовляє обладнання для збору та перевезення ТПВ, є Турбівський машинобудівний завод (ВАТ "АТЕКО"), який випускає різноманітні за конструкцією та вантажопідйомністю сміттєвози КО-413 (на базі ГАЗ); КО-429, КО-431, КО-436 (на базі ЗІЛ); КО-415, КО-437 (на базі КамАЗ), а також контейнери для збору ТПВ, які відповідають як вітчизняним (КС-0,75) так і закордонним (КП-11) стандартам.

Пружно-пластичні властивості ТПВ в значній мірі впливають на роботу гідропроводу плити для пресування ТПВ у сміттєвозі. Теоретичний опис процесу ущільнення ТПВ досить складний внаслідок неоднорідності їх складу, а також наявності пружних та пластичних компонентів, які ущільнюються за різними законами. Тому, на наш погляд, доцільно виконати експериментальні дослідження з визначення пружно-пластичних властивостей ТПВ у вигляді залежності між тиском на відходи  $p_B$  плити для пресування та їх відносною деформацією  $\epsilon$ .

Для дослідження процесу ущільнення ТПВ виготовлена експериментальна установка за схемою, зображеною на рис. 1.

Експериментальна установка працює наступним чином. При відведеній в сторону траверсі 3, з піднятою у верхнє положення плитою для пресування 4, в бункер 5 засипаються ТПВ, після чого траверса повертається в вихідне положення.

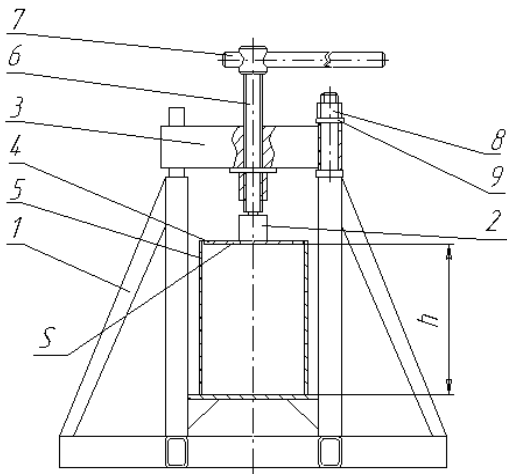


Рис. 1. Схема експериментальної установки:  
1 - рама; 2 – динамометр; 3 – траверса; 4 –  
плита для пресування; 5 – бункер; 6 - гвинт  
силовий; 7 – важіль; 8 – гайка; 9 - шайба.

Від повороту важеля 7 через гвинтову передачу в рух приводиться плита, яка здійснює пресування ТПВ. При цьому фіксуються покази динамометра 2 при відповідному переміщенні плити для пресування 4.

Результати трьох серій дослідів представлено на графіках, зображених на рис. 2, де показано компресійні криві для ТПВ різного походження з значеннями густини  $\rho$  : 145, 210, 320 кг/м<sup>3</sup> відповідно.

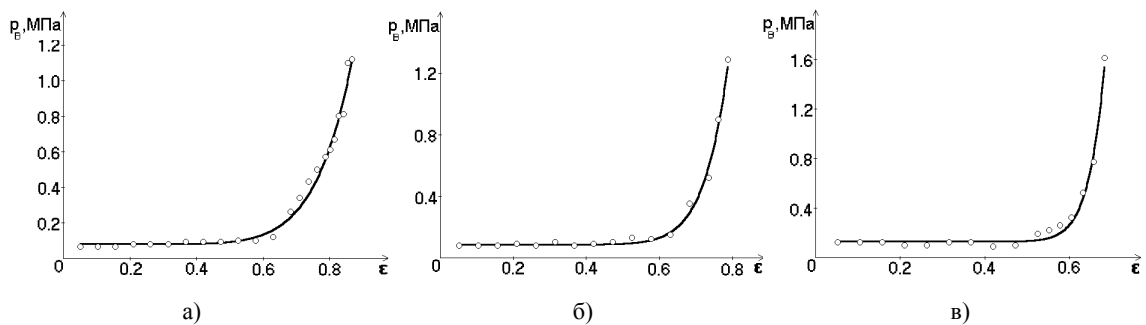


Рис. 2. Залежність між тиском на ТПВ та їх відносною деформацією:  
а)  $\rho=145$  кг/м<sup>3</sup>; б)  $\rho=210$  кг/м<sup>3</sup>; в)  $\rho=320$  кг/м<sup>3</sup>

В роботах [2, 3] наведено результати - рівняння регресії  $p_B=f(\epsilon)$  у вигляді полінома 6-го порядку. В результаті проведення додаткового регресійного аналізу результатів експерименту отримано більш простіше рівняння регресії  $p_B=f(\epsilon)$ :

$$p_B = A + B \cdot \epsilon^C, \quad (1)$$

де А, В, С – коефіцієнти регресії, що наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати регресійного аналізу експериментальних даних

$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	А, МПа	В, МПа	С	Коефіцієнт кореляції R
145	$7,98 \cdot 10^{-2}$	3,25	8	0,99382
210	$8,66 \cdot 10^{-2}$	20,37	12	0,99636
320	0,129	135,59	18	0,99483

З даних табл. 1 видно, що коефіцієнти регресії рівняння (1) в значній мірі залежать від густини ТПВ. Тому було проведено регресійний аналіз впливу густини  $\rho$  на значення коефіцієнтів А, В, С рівняння (1), результати якого наведені на рис. 3 та в табл. 2.

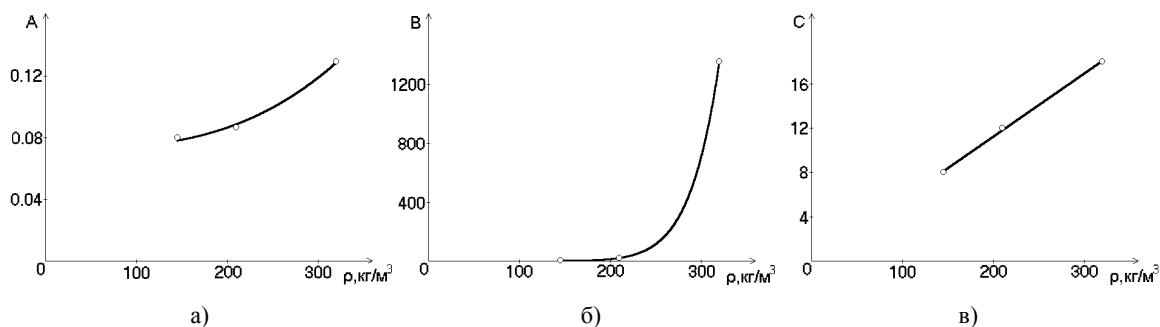


Рис. 3. Вплив густини  $\rho$  на значення коефіцієнтів регресії рівняння (1): а) А; б) В; в) С

В результаті підстановки рівнянь регресії з табл. 2 в рівняння (1), отримано наступну залежність тиску на ТПВ від їх відносної деформації та густини:

$$p_B = A + B\rho^C + (D + E\rho^F)\varepsilon^{H+G\rho}, \quad (2)$$

де  $A=7,29 \cdot 10^{-2}$ ;  $B=1,71 \cdot 10^{-9}$ ;  $C=3$ ;  $D=1,55$ ;  $E=1,2 \cdot 10^{-22}$ ;  $F=10$ ;  $H=-0,129$ ;  $G=5,69 \cdot 10^{-2}$ .

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу впливу густини  $\rho$  на значення коефіцієнтів А, В, С рівняння (1)

Коеф. регресії	Вид регресії	А	В	С	Коефіцієнт кореляції R
А	$y = A + B \cdot x^C$	$7,29 \cdot 10^{-2}$	$1,71 \cdot 10^{-9}$	3	0,99741
В	$y = A + B \cdot x^C$	1,55	$1,2 \cdot 10^{-22}$	10	0,99999
С	$y = A + B \cdot x$	-0,129	$5,69 \cdot 10^{-2}$	-	0,99947

Для оцінки ефективності пресування ТПВ зручно використовувати наступне співвідношення:

$$k_y = \frac{1}{1 - \varepsilon}, \quad (3)$$

де  $k_y$  - коефіцієнт ущільнення.

Проведення аналізу експериментальних характеристик показало, що в залежності від густини ТПВ змінюється максимально досяжний при даному принципі роботи приводу коефіцієнт ущільнення:  $k_{y\max}=7,6$  для  $\rho=145 \text{ кг/м}^3$ ,  $k_{y\max}=4,75$  для  $\rho=210 \text{ кг/м}^3$ ,  $k_{y\max}=3,17$  для  $\rho=320 \text{ кг/м}^3$ . У сміттєвозах вітчизняного виробництва  $k_{y\max}=2,2$ , що значно менше за значення, які були отримані на експериментальній установці. Збільшити коефіцієнт ущільнення можливо за рахунок росту зусилля пресування шляхом підвищення робочого тиску в гідросистемі чи збільшенням діаметру силового гідроциліндра. В свою чергу, збільшення робочого тиску вимагає переходу на більш дорогі типорозміри елементів гідроприводу, що призводить до його подорожчання. Збільшення діаметру гідроциліндра призведе до зменшення швидкості пресування ТПВ, а також до підвищення металоємності, що також економічно не вигідно. На наш погляд, збільшити коефіцієнт

ущільнення ТПВ можливо шляхом використання технологій вібропресування. Використання вібропресування дозволить знизити в декілька разів порівняно з статичним пресуванням робоче зусилля ущільнення [4]. На сьогодні нам не відомі конструкції екологічних машин з використанням цих технологій. Тому це питання вимагає додаткового всебічного дослідження та вивчення.

### ВИСНОВКИ

1. Коефіцієнт ущільнення ТПВ нелінійно залежить від тиску, який створюється приводом плити для пресування.
2. Залежність між тиском на ТПВ та їх відносною деформацією доцільно описувати степеневою функцією.
3. Оптимальний тиск статичного пресування обмежений і залежить від складу ТПВ та їх густини. Подальше збільшення робочого тиску та діаметру силового гідроциліндра з метою підвищення коефіцієнта ущільнення є економічно і технічно недоцільним.
4. Досягнення більшого коефіцієнту ущільнення ТПВ є можливим при використанні технологій вібропресування.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Крейндлиг Л. М. Опыт некоторых стран в компостировании бытовых отходов// Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. - 1989.-№2. - с. 51-56.
2. Савуляк В. І., Березюк О. В. “Технічні проблеми збирання та транспортування твердих побутових відходів”. // Збірник наукових статей до IV Міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми збору, переробки та утилізації відходів”. – Одеса: ОЦНТЭИ, 2002. – с. 188-191.
3. Савуляк В. І., Березюк О. В. Експериментальне дослідження пружно-пластичних властивостей твердих побутових відходів. // Вісник ВПІ. – 2002. - №5. – с. 59-61.
4. Искович-Лотоцкий Р. Д., Матвеев И. Б., Крат В. А. Машины вибродвижения и виброударного действия. – К.: Техніка, 1982. – 207 с.

Рекомендовано кафедрою технології підвищення зносостійкості.

**Березюк Олег Володимирович** – м.н.с. кафедри технології підвищення зносостійкості Вінницького національного технічного університету.