

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ПІД ЧАС ЗНЕВОДНЕННЯ ШНЕКОВИМ ПРЕСОМ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*Експериментальне дослідження процесу подрібнення твердих побутових відходів під час зневоднення шнековим пресом є актуальною науково-технічною задачею як однієї зі складових для вирішення проблеми створення основ проектування вискоелективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів. Метою дослідження є визначення регресійних моделей показників технологічного процесу подрібнення твердих побутових відходів під час зневоднення у сміттєвозі шнековим пресом від основних параметрів впливу. Під час дослідження проаналізовано літературні джерела, використано метод ситового аналізу, а також планування експерименту методом Бокса–Уїлсона другого порядку. Аналіз літературних джерел, у яких розглянуто поводження з твердими побутовими відходами, підтвердив необхідність їхнього подрібнення. Проведено експериментальне дослідження процесу подрібнення твердих побутових відходів під час зневоднення шнековим пресом. Отримано адекватні квадратичні регресійні залежності таких показників процесу подрібнення як залишок на ситі та енергоємності подрібнення твердих побутових відходів від основних параметрів впливу: середнього розміру частинок, початкової відносної густини твердих побутових відходів, діаметра осердя шнека на останньому витку. Перевірка адекватності регресійних моделей проводилась за критерієм Фішера, а значимості коефіцієнтів регресій — за критерієм Стьюдента. Отримані регресійні моделі можуть бути використані під час створення методики інженерних розрахунків параметрів машин та механізмів для подрібнення твердих побутових відходів як складової науково-технічних основ проектування вискоелективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів. Побудовано поверхні відгуків цільових функцій — залишку на ситі та енергоємності подрібнення твердих побутових відходів та їхні двомірні перерізи в площинах параметрів впливу, які дозволяють наочно проілюструвати залежність даних цільових функцій від окремих параметрів впливу.*

**Ключові слова:** експеримент, планування експерименту, шнековий прес, тверді побутові відходи, первинна переробка, подрібнення, зневоднення, енергоємність.

### Вступ

Об'єм твердих побутових відходів (ТПВ), що утворюються щороку в населених пунктах України, становить більше, ніж 54 млн. м<sup>3</sup>. На відміну від твердих промислових відходів [1], [2], основна частина ТПВ захоронюється на 4530 полігонах та сміттєзвалищах площею майже 7700 га та лише частково переробляються або утилізуються на сміттєспалювальних заводах, на відміну від країн Європейського Союзу, в яких широко впроваджені сучасні технології поводження з ТПВ [3]. У 1999—2014 рр. в Україні збільшилась в 3 рази загальна площа полігонів та сміттєзвалищ. Майже в 2 рази зросла площа перевантажених та більше, ніж у 3,1 рази тих полігонів і сміттєзвалищ, що порушують норми екологічної безпеки. Збирання та перевезення ТПВ до місць захоронення та сміттєспалювання в Україні здійснюється майже 4000 спеціальними автомобілями (кузовними сміттєвозами), здатними ущільнювати ТПВ, зменшуючи витрати на транспортування та необхідні площі полігонів, але це водночас пов'язано з суттєвими витратами коштів. Щороку лише на транспортування ТПВ до місця утилізації за межі санітарної зони в 30 км в Україні витрачається більше 45 тис. т пального. Зношеність автопарку сміттєвозів українських комунальних підприємств досягає майже 70% [4]. Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 265 [5], важливим є забезпечення застосування сучасних вискоелективних сміттєвозів у комунальному господарстві України, як основної ланки в структурі машин для збирання та первинної переробки ТПВ. Тому експери-

ментальне дослідження процесу подрібнення твердих побутових відходів під час зневоднення у сміттєвозі шнековим пресом, є актуальною науково-технічною задачею як однієї зі складових для вирішення проблеми створення науково-технічних основ проектування високоефективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

В роботах [6], [7] запропоновано схему гідроприводу зневоднення та ущільнення ТПВ у сміттєвозі під час їхнього завантаження. Зневоднення та попереднє ущільнення ТПВ реалізується за допомогою використання конічного шнека, який згідно з проведеними експериментальними дослідженнями [8], також здійснює подрібнення відходів. Подрібнення ТПВ збільшує площу поверхні для мікробної активності під час розкладання органічних матеріалів [9]. Виявлення властивостей горіння ТПВ у нерухомому шарі [10] встановило таку залежність швидкості горіння від розміру частинок: зменшення середнього розміру частинок з 30 до 10 мм збільшує швидкість розповсюдження полум'я з 0,6 см/хв до 0,8 см/хв, що, в свою чергу, значно збільшує швидкість спалювання ТПВ і, отже, контролює максимальну пропускну здатність відходів при досягненні повного згорання. Подрібнення сировини розмірами 10...20 мм до розмірів менше 5 мм є альтернативним методом підвищення якості газу, отриманого за допомогою піролізу та газифікації ТПВ, завдяки зменшенню відсоткового масового вмісту смоли та сажі в 1,6...2,5 рази для піролізу і в 1,9...3,2 рази для газифікації [11]. При цьому вихід газу збільшується в 1,1...1,4 рази. Після зменшення розміру частинок ТПВ з 50,8 мм до 12,7 мм їхня густина збільшується на 3,7...6,8 %, що пояснюється потенційним впливом раніше закупорених внутрішніх пустот і доступом до них внаслідок зменшення розміру окремих складових частинок відходів [12]. Дослідження [13] свідчать, що збільшення кількості дрібних частинок відходів сприяє зменшенню гідравлічної провідності ТПВ на полігонах. За даними авторів роботи [14] зменшення розмірів частинок ТПВ з 50 мм до 10 мм знижує їхню водопроникність майже в 22 рази при захороненні на полігоні, що сприяє зниженню інтенсивності забруднення ґрунтів та підземних вод фільтратом. В роботі [15] рекомендується під час проведення лізиметричних досліджень на полігонах ТПВ враховувати розмір частинок відходів. Дослідження [16] свідчать, що зменшення розмірів частинок відходів при видобуванні біогазу призводить до збільшення виходу метану. Зменшення розміру частинок відходів деревини з 100 мм до 10 мм підвищує продуктивність процесу виробництва біогазу приблизно на 22...32 % [17]. Зменшення розміру часток відходів деревини з 4 мм до 1 мм сприяє підвищенню густини брикету на 5,4...9,5 % [18]. Таким чином, аналіз літературних джерел у яких розглянуто поводження з ТПВ, підтверджує необхідність їхнього подрібнення. Однак конкретних результатів експериментального дослідження процесів подрібнення ТПВ під час зневоднення у сміттєвозі шнековим пресом, в результаті аналізу відомих публікацій, автором не виявлено.

Для визначення середньозваженого діаметра частинок використовують ситовий аналіз [19], оснований на розсіві сипучого матеріалу з метою визначення його гранулометричного складу. Для розсіву застосовують сита з різними діаметрами отворів. У виробничих умовах ступінь розмелу визначається за [20], підраховуючи модуль помелу

$$M = \sum_{i=0}^n d_{cp,i} P_i / 100 \text{ [мм]}, \quad (1)$$

де  $P_0$  — залишок на піддоні, %;  $P_1, P_2, \dots, P_n$  — залишки на ситах з отворами діаметром 1, 2, ...,  $n$  мм, визначені за допомогою розсіву матеріалу на класифікаторі, %;  $d_{cp,i}$  — середній розмір частинок кожного залишку між двома суміжними ситами, мм.

Енергоємність подрібнення ТПВ може бути визначена за формулою

$$E_{dr} = N/q \text{ [кВт·год/т]}, \quad (2)$$

де  $N$  — потужність подрібнення, кВт;  $q$  — продуктивність подрібнення, т/год.

Метою дослідження є розроблення за допомогою планування експерименту регресійних моделей показників технологічного процесу подрібнення твердих побутових відходів в процесі зневоднення у сміттєвозі шнековим пресом від основних параметрів впливу.

### Результати досліджень

Попередні експериментальні дослідження показали, що показники технологічного процесу подрібнення ТПВ під час зневоднення у сміттєвозі є функціями таких основних параметрів:

$$P, E_{dr} = f(d_{cp}, \rho_0, d_{min}), \quad (3)$$

де  $E_{dr}$  — енергоємність подрібнення ТПВ, кВт·год/т;  $\rho_0$  — початкова густина ТПВ, кг/м<sup>3</sup>;  $d_{\min}$  — діаметр осердя шнека на останньому витку, мм.

З метою можливості поширення результатів експерименту, отриманих на експериментальній установці, на привод подрібнення та зневоднення ТПВ у сміттевозах з різною продуктивністю здійснено перехід останнього параметра впливу від абсолютних до відносних значень

$$P, E_{dr} = f(d_{cp} \cdot \rho_0, d_{\min}/D_{\min}), \quad (4)$$

де  $D_{\min}$  — зовнішній діаметр шнека на останньому витку, мм.

Загальний вигляд та технічні характеристики експериментальної установки та окремих її елементів наведено в роботах [21], [9]. Установка дозволяє проводити дослідження процесу подрібнення ТПВ під час зневоднення за зміни таких параметрів:

- початкової густини ТПВ – зміною їхнього морфологічного складу;
- діаметра осердя шнека на останньому витку — напаяванням металевої смужки на осердя шнека на останньому витку з подальшою механічною обробкою.

Вибір діапазонів варіювання фактору, що характеризує властивості ТПВ — початкової густини ТПВ, здійснено на основі даних, опублікованих в роботах [22]—[24]. Вибір діапазонів варіювання фактора, що характеризує параметри обладнання для процесу подрібнення ТПВ під час зневоднення, проводився таким чином, щоби будь-яка їх сукупність у поєднанні з фактором, що характеризує властивості ТПВ в передбачених планом експерименту діапазонах, могла бути реалізована і не приводила до протиріч. Для цього проведено пошукові експерименти для визначення області, в якій необхідні нам сполучення рівнів факторів були б стійко реалізовані. Рівні факторів та інтервали варіювання наведені в таблиці.

**Рівні факторів та інтервали варіювання**

Фактори	Рівні факторів					Інтервал варіювання
	-1,681	-1	0	+1	+1,681	
$d_{cp}$ — середній розмір частинок кожного залишку ТПВ між двома суміжними ситами, мм	4	6,6	10,5	14,4	17	3,9
$\rho_0$ — початкова густина ТПВ, кг/м <sup>3</sup>	190	273	395	517	600	122
$d_{\min}/D_{\min}$ — відношення діаметра осердя шнека до його зовнішнього діаметра на останньому витку	0,6935	0,7229	0,7661	0,8093	0,8387	0,0432

За даними таблиці, використовуючи планування експерименту за допомогою ротатабельного центрального композиційного планування другого порядку, застосовуючи розроблене програмне забезпечення, яке захищене свідоцтвом на твір [25] та детально описане в роботі [26], після відкидання за критерієм Стюдента незначимих факторів та ефектів взаємодій, отримано такі залежності:

$$P = 11,64d_{cp} + 0,3621\rho_0 - 184,9d_{\min}/D_{\min} - 0,03129d_{cp}\rho_0 + 13,44d_{cp}d_{\min}/D_{\min} - 0,6247d_{cp}^2 + 32,47(d_{\min}/D_{\min})^2 \quad [\%]; \quad (5)$$

$$E_{dr} = 2,654\rho_0 - 462,9d_{\min}/D_{\min} - 452,5(d_{\min}/D_{\min})^2 \quad [\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{т}]. \quad (6)$$

Перевірка адекватності регресійних моделей (5), (6) проводилась за критерієм Фішера.

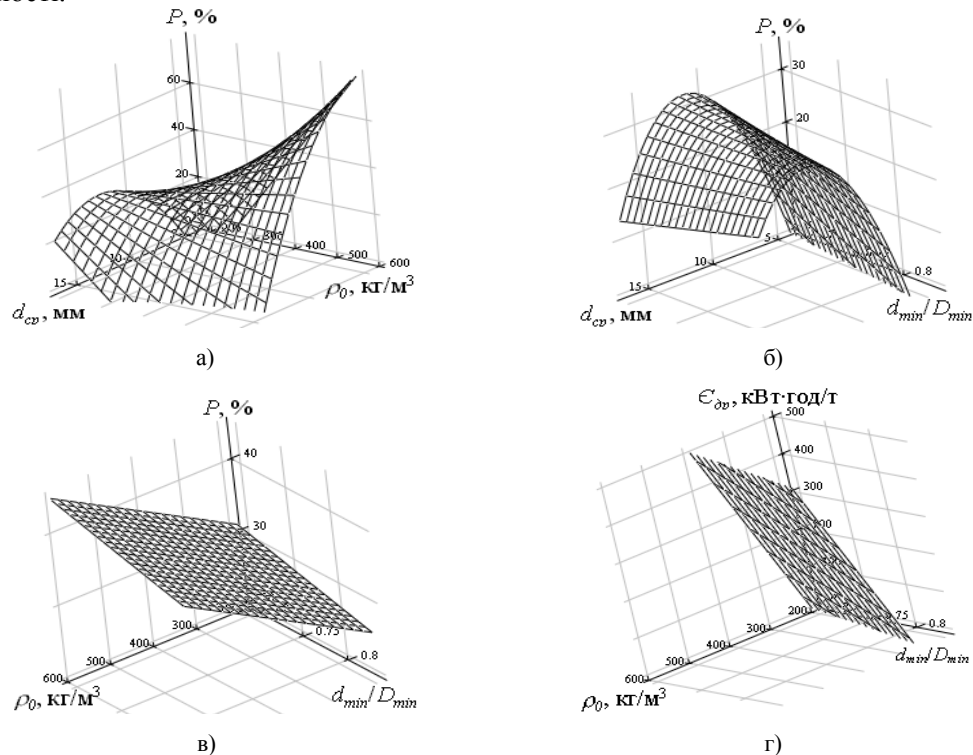
За критерієм Стюдента встановлено, що серед досліджених факторів впливу найбільше на залишок ТПВ на ситі впливає відношення діаметра осердя шнека до його зовнішнього діаметра на останньому витку, а найменше — середній розмір частинок кожного залишку ТПВ між двома суміжними ситами, а на енергоємність подрібнення ТПВ найбільше впливає їхня початкова густина, а найменше — відношення діаметра осердя шнека до його зовнішнього діаметра на останньому витку.

Після підстановки регресійної залежності (5) у формулу (1) отримаємо регресійну залежність модуля помелу під час зневоднення та попереднього ущільнення ТПВ шнековим пресом

$$M = \sum_{i=0}^n d_{cp,i} \left[ 11,64d_{cp,i} + 0,3621\rho_0 - 184,9d_{\min}/D_{\min} - 0,03129d_{cp,i}\rho_0 + 13,44d_{cp,i}d_{\min}/D_{\min} - 0,6247d_{cp,i}^2 + 32,47(d_{\min}/D_{\min})^2 \right] / 100 \quad [\text{мм}]. \quad (7)$$

Отримані регресійні залежності (5)—(7) можуть бути використаними під час створення методики інженерних розрахунків параметрів машин та механізмів для подрібнення ТПВ.

На рисунку показано поверхні відгуків цільових функцій — залишку на ситі  $P$  та енергоємності подрібнення ТПВ  $E_{dr}$  в площинах параметрів впливу, що дозволяють наочно проілюструвати вказані залежності.



Поверхні відгуків цільових функцій — залишку на ситі  $P$  та енергоємності подрібнення  $E_{dr}$  ТПВ в площинах параметрів впливу: а —  $P = f(d_{cp}, \rho_0)$ ; б —  $P = f(d_{cp}, d_{min}/D_{min})$ ; в —  $P = f(\rho_0, d_{min}/D_{min})$ ; г —  $E_{dr} = f(\rho_0, d_{min}/D_{min})$

### Висновки

1. Аналіз літературних джерел, у яких розглянуто поводження з твердими побутовими відходами, підтвердив необхідність їхнього подрібнення.

2. Проведено експериментальне дослідження процесу подрібнення твердих побутових відходів під час зневоднення та попереднього ущільнення шнековим пресом за допомогою планування експерименту другого порядку, що дало змогу запропонувати адекватні квадратичні регресійні моделі показників подрібнення від основних параметрів впливу: середній розмір частинок кожного залишку відходів між двома суміжними ситами, початкова густина твердих побутових відходів, відношення діаметра осердя шнека до його зовнішнього діаметра на останньому витку, — які можуть бути використані для створення методики інженерних розрахунків параметрів машин та подрібнювальних механізмів як складової науково-технічних основ проектування високоефективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

3. За критерієм Стьюдента встановлено, що серед досліджених факторів впливу найбільше на залишок твердих побутових відходів на ситі впливає відношення діаметра осердя шнека до його зовнішнього діаметра на останньому витку, а найменше — середній розмір частинок кожного залишку відходів між двома суміжними ситами, а на енергоємність подрібнення твердих побутових відходів найбільше впливає їхня початкова густина, а найменше — відношення діаметра осердя шнека до його зовнішнього діаметра на останньому витку.

4. Побудовано поверхні відгуків цільових функцій — залишку на ситі та енергоємності подрібнення твердих побутових відходів та їхні двомірні перерізи в площинах параметрів впливу, що дозволяють наочно проілюструвати залежність цих цільових функцій від окремих параметрів впливу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] М. С. Лемешев, О. В. Христич, та С. Ю. Зузяк, «Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням будівельних відходів», *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: науково-технічний збірник*, № 1, с. 18-23, 2018.

[2] В. П. Ковальський, «Передумови активації золи-винесення відходами глиноземного виробництва», *на Наука і освіта, VIII Міжнародна науково-практична конференція*, 2005, с. 31-32.

- [3] О. В. Березюк, «Моделирование распространенности повторного использования твердых бытовых отходов,» на *Актуальные проблемы архитектуры, строительства, энергоэффективности и экологии, Междунар. науч.-практ. конф.* Тюмень, 2016, т. II, с. 11-16.
- [4] В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський, Н. П. Попович, та М. А. Панасюк, «Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто-сміттєзвалище,» *Науковий вісник НЛТУ України*, Т. 27, № 10, с. 111-116, 2017.
- [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. Березюк, «Гідропривод зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі,» *Патент України В65F 3/00. № 109036 МПК(2016.01)*, 10.08.2016.
- [7] О. В. Березюк, «Привод зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі,» *Вісник машинобудування та транспорту*, № 2, с. 14-18, 2016.
- [8] О. В. Березюк, «Експериментальне дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 5, с. 18-24, 2018, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2018-140-5-18-24>.
- [9] J. C. Agunwamba, *Waste: Engineering and Management Tools*. Enugu, Nigeria: Immaculate Publications Ltd., 2001, 572 p.
- [10] D. Shin, and S. Choi, "The Combustion of Simulated Waste Particles in a Fixed Bed," *Combustion and Flame*, vol. 121, pp. 167-180, 2000.
- [11] S. Luo, B. Xiao, Z. Hu, S. Liu, Y. Guan, and L. Cai, "Influence of particle size on pyrolysis and gasification performance of municipal solid waste in a fixed bed reactor," *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 16, pp. 6517-6520, 2010. [Electronic resource]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.03.060>.
- [12] N. Yesiller, J. L. Hanson, J. T. Cox, and D. E. Noce, "Determination of specific gravity of municipal solid waste," *Waste management*, vol. 34, no. 5, pp. 848-858, 2014. [Electronic resource]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.02.002>.
- [13] K. R. Reddy, H. Hettiarachchi, N. Parakalla, J. Gangathulasi, J. Bogner, and T. Lagier, "Hydraulic conductivity of MSW in landfills," *Journal of Environmental Engineering*, vol. 135, no. 8, pp. 677-683, 2009. [Electronic resource]. Available: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000031](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000031).
- [14] S. Gavelytė, K. Bazienė, N. Woodman, and A. Stringfellow, "Permeability of different size waste particles," *Science-Future of Lithuania*, vol. 7, no. 4, pp. 407-412, 2015. [Electronic resource]. Available: <https://doi.org/10.3846/mla.2015.812>.
- [15] H. Abu Qdais, and A. Alsheraideh, "Kinetics of solid waste biodegradation in laboratory lysimeters," *Jordan Journal of Civil Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 45-52, 2008.
- [16] Y. Nalinga, and I. Legonda, "The effect of particles size on biogas production," *Int. J. Innovative Res. Technol. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 9-13, 2016.
- [17] K. Izumi, Y. Okishio, N. Nagao, C. Niwa, S. Yamamoto, and T. Toda, "Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste," *International biodeterioration & biodegradation*, vol. 64, no. 7, pp. 601-608, 2010, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.06.013>.
- [18] P. Križan, M. Matú, E. Šooš, and J. Beniak, "Behavior of beech sawdust during densification into a solid biofuel," *Energies*, vol. 8, no. 7, pp. 6382-6398, 2015. [Electronic resource]. Available: <https://doi.org/10.3390/en8076382>.
- [19] Н. Н. Белянчиков, И. П. Белехов, Г. Н. Кожевников, и А. К. Тургиев, *Механизация технологических процессов*. Москва: Агропромиздат, 1989, 399 с.
- [20] ГОСТ 13496.8-72. Комбикорма. Методы определения крупности размола и содержания неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений.
- [21] О. В. Березюк, М. С. Лемешев, В. В. Бохачук, and М. Duk, "Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3," *Proc. SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018*, vol. 10808, 2018, no. 108083G. [Electronic resource]. Available: <https://doi.org/10.1117/12.2501557>.
- [22] С. В. Гунич, и Г. И. Сарапулова, «Использование процессов обогащения в комплексном рециклинге отходов производства и потребления,» *Горный информационно-аналитический бюллетень: научно-технический журнал*, № 9, с. 305-310, 2011.
- [23] С. С. Рижков, Л. М. Маркіна, та А. В. Лісова, «Тверді побутові відходи як сировина для двостадійного процесу термічної деструкції,» *Збірник наукових праць НУК*, № 3, с. 140-148, 2011.
- [24] А. Ю. Масленников, «Характеристика твердых бытовых отходов,» *Отраслевой портал. Вторичное сырье*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.recyclers.ru>.
- [25] О. В. Березюк, «Комп'ютерна програма "Планування експерименту (PlanExp)",» *Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 46876*, Київ: Державна служба інтелектуальної власності України, дата реєстрації: 21.12.2012.
- [26] О. В. Березюк, «Моделювання компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттєвозі на основі комп'ютерної програми "PlanExp",» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 23-28, 2016.

Рекомендована кафедрою безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 09.10.2019

**Березюк Олег Володимирович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, e-mail: [berezukoleg@i.ua](mailto:berezukoleg@i.ua).

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

## Experimental Investigation of the Solid Domestic Wastes Milling Process during Dewatering by Auger Press

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

*Experimental investigation of the milling process of solid domestic wastes during dewatering by the auger press is an urgent scientific and technical task as one of the components for solving the problem of creation of scientific and technical bases for designing highly efficient working bodies of machines for collecting and primary processing of solid domestic wastes. The purpose of the investigation is to determine the regression models of indicators of technological milling process of solid domestic wastes during dewatering in a garbage truck with the auger press from the main parameters of influence. The investigation used the method of analysis of literary sources, the method of sieve analysis, as well as the planning of the experiment by the Box–Wilson method of the second order. The analysis of literary sources on solid domestic wastes management confirmed the need for their milling. There has been conducted the experimental investigation of the milling process of solid domestic wastes during dewatering by the auger press. Adequate quadratic regression dependences of such indicators of the milling process as the residue on the sieve and the energy intensity of milling of solid domestic wastes were obtained from the main parameters of influence, such as average particle size, initial relative density of solid domestic wastes, diameter of the auger core at the last coil. The adequacy of the regression models was verified according to the Fisher criterion and the significance of the regression coefficients by the Student criterion. The obtained regression models can be used to create a methodology for engineering calculations of the parameters of machines and mechanisms for milling solid domestic wastes as a component of the scientific and technical basis of designing highly efficient working bodies of machines for the collection and primary processing of solid domestic wastes. The response surfaces of the target functions is constructed — the residue on the sieve and the energy intensity of milling of solid domestic wastes and their two-dimensional cross sections in the planes of the impact parameters, which allow to clearly illustrate the dependence of these target functions on the individual impact parameters.*

**Keywords:** experiment, planning experiment, auger press, primary processing, milling, dewatering, energy intensity, solid domestic wastes.

*Bereziuk Oleh V.* — Cand. Sc. (Eng.), Associated Professor, Associated Professor of the Chair of Security of Life and Pedagogic of Security, e-mail: berezyukoleg@i.ua

## Экспериментальное исследование процесса измельчения твердых бытовых отходов при обезвоживании шнековым прессом

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

*Экспериментальное исследование процесса измельчения твердых бытовых отходов при обезвоживании шнековым прессом является актуальной научно-технической задачей, как одной из составляющих для решения проблемы создания основ проектирования высокоэффективных рабочих органов машин для сбора и первичной переработки твердых бытовых отходов. Целью исследования является определение регрессионных моделей показателей технологического процесса измельчения твердых бытовых отходов при обезвоживании в мусоровозе шнековым прессом от основных параметров влияния. При исследовании проанализированы литературные источники, использован метод ситового анализа, а также планирование эксперимента методом Бокса–Уилсона второго порядка. Анализ литературных источников, описывающих обращение с твердыми бытовыми отходами, подтвердил необходимость их измельчения. Проведено экспериментальное исследование процесса измельчения твердых бытовых отходов при обезвоживании шнековым прессом. Получены адекватные квадратичные регрессионные зависимости таких показателей процесса измельчения как остаток на сите и энергоемкости измельчения твердых бытовых отходов от основных параметров влияния: среднего размера частичек, начальной относительной плотности твердых бытовых отходов, диаметра сердечника шнека на последнем витке. Проверка адекватности регрессионных моделей проводилась по критерию Фишера, а значимости коэффициентов регрессий — по критерию Стьюдента. Полученные регрессионные модели могут быть использованы при создании методики инженерных расчетов параметров машин и механизмов для измельчения твердых бытовых отходов как составляющей научно-технических основ проектирования высокоэффективных рабочих органов машин для сбора и первичной переработки твердых бытовых отходов. Построены поверхности откликов целевых функций — остаток на сите и энергоемкости измельчения твердых бытовых отходов и их двухмерные сечения в плоскостях параметров влияния, позволяющие наглядно проиллюстрировать зависимость этих целевых функций от отдельных параметров влияния.*

**Ключевые слова:** эксперимент, планирование эксперимента, шнековый пресс, первичная переработка, измельчение, обезвоживание, энергоемкость, твердые бытовые отходы.

*Березюк Олег Владимирович* — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и педагогики безопасности, e-mail: berezyukoleg@i.ua