

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ШНЕКОВИМ ПРЕСОМ

¹Вінницький національний технічний університет

Експериментальне дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом є актуальною науково-технічною задачею — однією зі складових для вирішення проблеми створення науково-технічних основ проектування високоефективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів. Проведено дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом за допомогою планування експерименту другого порядку. Отримано регресійні залежності таких показників процесу зневоднення як кінцеві відносна вологість та густина твердих побутових відходів, максимальна потужність двигуна приводу та енергоємність зневоднення від основних параметрів впливу: початкових відносною вологості та густини твердих побутових відходів, частоти обертання шнека, радіального зазору між шнеком та корпусом, діаметра осердя шнека на останньому витку. Побудовано поверхні відгуків цільової функції — енергоємності зневоднення твердих побутових відходів та їхні двомірні перерізи в площинах параметрів оптимізації. Проведено параметричну оптимізацію процесу зневоднення твердих побутових відходів за критерієм його мінімальної енергоємності. Визначено, що мінімальна енергоємність зневоднення змішаних твердих побутових відходів складає 172,3...306,3 кВт·год/т для таких оптимальних значень параметрів технологічного процесу зневоднення: частота обертання шнека 51,84...54,73 об/хв; відношення радіального зазору між шнеком та корпусом до зовнішнього діаметра шнека на останньому витку $(7,10...8,71) \cdot 10^{-3}$; відношення діаметра осердя шнека до його зовнішнього діаметра на останньому витку 0,710...0,765, а для вологої фракції твердих побутових відходів мінімальна енергоємність зневоднення складає 30,7...158,5 кВт·год/т для оптимальних значень: частоти обертання шнека 36,91...47,20 об/хв; відношення радіального зазору між шнеком та корпусом до зовнішнього діаметра шнека на останньому витку $(5,45...10,45) \cdot 10^{-3}$; відношення діаметра осердя шнека до його зовнішнього діаметра на останньому витку 0,740...0,757.

Ключові слова: експеримент, планування експерименту, шнековий прес, зневоднення, енергоємність, відносна вологість, тверді побутові відходи.

Вступ

Річний об'єм твердих побутових відходів (ТПВ), що утворюються в українських населених пунктах, перевищує 46 млн м³, основна частина яких захоронюється на 4530 полігонах та сміттєзвалищах площею майже 7700 гектарів, та лише частково переробляються або утилізуються на сміттєспалювальних заводах, на відміну від високорозвинутих країн, де широко розповсюджені сучасні технології повторного використання ТПВ [1]. Лише протягом 1999—2014 рр. загальна площа полігонів та сміттєзвалищ в Україні збільшилась в 3 рази. Також майже в 2 рази зросла площа перевантажених та більше ніж в 3,1 рази тих полігонів і сміттєзвалищ, які не відповідають нормам екологічної безпеки, через забруднення ґрунтів фільтратом, який може потрапляти до підземних вод, забруднюючи їх. Для збирання та транспортування ТПВ до місць захоронення та сміттєспалювання в Україні використовуються кузовні сміттєвози в кількості більше 4100 од., які здатні ущільнювати ТПВ, зменшуючи витрати на перевезення і необхідні площі полігонів [2], але водночас пов'язані зі значними фінансовими витратами. Зношеність автопарку сміттєвозів вітчизняних комунальних підприємств в середньому досягає майже 70 %. Відповідно до Постанови Кабміну № 265 [3], важливим є забезпечення застосування сучасних високоефективних сміттєвозів у комунальному господарстві країни, як основної ланки в структурі машин для збирання та первинної переробки ТПВ. Тому експериментальне дослідження процесів зневоднення твердих побуто-

вих відходів шнековим пресом, є актуальною науково-технічною задачею. Ця задача є однією зі складових для вирішення проблеми створення науково-технічних основ проектування високоефективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

В роботі [4] наведено основні характеристики ТПВ, серед яких відносна вологість змішаних ТПВ знаходиться в межах 39...53 %, а густина — 190...230 кг/м³. Згідно з даними, наведеними в роботі [5], у весняно-літній період відносна вологість харчової фракції ТПВ складає 60...64 %, а в осінній — 75...92 %. Відповідно до даних, опублікованих в роботах [6], [7] густина харчової фракції ТПВ складає 370...600 кг/м³. В роботі [8] запропоновано схему гідроприводу зневоднення та ущільнення ТПВ у сміттєвозі під час їхнього завантаження. В статтях [9], [10] встановлено, що зневоднення ТПВ дозволяє забезпечити збільшення коефіцієнта їхнього ущільнення та зменшення їхньої маси, що підлягає перевезенню, безпосередньо в місцях збору, здійснити попередню переробку відходів шляхом їхнього зневоднення та частково подрібнення, а також, за рахунок зменшення об'єму та маси ТПВ, суттєво скоротити приріст площі земель, відведених під полігони та сміттєзвалища, що призведе, в свою чергу, до зниження темпів погіршення екологічної ситуації. В роботі [11] розглянуто можливість утилізації ТПВ на наявних комунальних ТЕЦ з генеруючою потужністю 12 МВт, що можуть працювати на енергетичному паливі (суміші ТПВ, зневоднених до 20 % відносною вологості та кам'яного вугілля з масовою часткою 16 %) з розрахунковою нижчою теплотою згорання 10,99 МДж/кг. В роботах [12], [13] розглянуто обладнання для вібраційного та віброударного зневоднення відходів харчових виробництв, яке реалізовано в технологічних машинах, які не мають таких обмежень за масогабаритними характеристиками, як мобільні машини. Водночас застосування подібних обладнання та технологій зневоднення в таких мобільних машинах, як сміттєвози, що мають жорсткі обмеження до масогабаритних характеристик встановлювального додаткового обладнання, на нашу думку є важкореалізованим. Тому в роботах [8], [10] запропоновано як обладнання для зневоднення ТПВ у сміттєвозах використовувати шнековий прес. В статті [14] визначені компресійні характеристики ТПВ без використання технологій їхнього зневоднення. Однак конкретних результатів експериментального дослідження процесів зневоднення ТПВ шнековим пресом, в результаті аналізу відомих публікацій, автором не виявлено.

Метою дослідження є визначення за допомогою методу планування експерименту регресійних моделей показників технологічного процесу зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом як функцій від основних параметрів впливу.

Результати досліджень

Попередні експериментальні дослідження показали, що показники технологічного процесу зневоднення ТПВ є функціями таких 5-ти основних параметрів

$$W, \rho, P_{\max}, \epsilon = f(W_0, \rho_0, n, \Delta_{\text{ш}}, d_{\min}), \quad (1)$$

де W — кінцева відносна вологість ТПВ, %; ρ — кінцева густина ТПВ, кг/м³; P_{\max} — максимальна потужність двигуна приводу зневоднення ТПВ, Вт; ϵ — енергоємність зневоднення ТПВ, кВт·год/т; W_0 — початкова відносна вологість ТПВ, %; ρ_0 — початкова густина ТПВ, кг/м³; n — частота обертання шнека, об/хв; $\Delta_{\text{ш}}$ — радіальний зазор між шнеком та корпусом, мм; d_{\min} — діаметр осердя шнека на останньому витку, мм.

З метою можливості поширення результатів експерименту, отриманих на експериментальній установці, на привод зневоднення ТПВ у сміттєвозах з різною продуктивністю здійснено перехід двох останніх параметрів від абсолютних до відносних значень

$$W, \rho, P_{\max}, \epsilon = f(W_0, \rho_0, n, \Delta_{\text{ш}}/D_{\min}, d_{\min}/D_{\min}), \quad (2)$$

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

На рис. 1 показано фото експериментальної установки зневоднення ТПВ шнековим пресом.

Технічні характеристики експериментальної установки: електродвигун асинхронний трифазний загальнопромислового призначення HELZ AIP 90 L2, потужність 3 кВт (в однофазному режимі — 1,73 кВт), частота обертання 2840 об/хв; клинопасова передача, передаточне відношення — 0,715...2,15, вузькоклиновий пас перерізу SPZ(Y0) довжиною 833 мм; черв'ячний редуктор, передаточне відношення — 40; вимірювач відносної вологості ТПВ на основі мікроконтролера ATmega328, детально описаний в роботі [15], діапазон та точність вимірювання відносної вологості 0,00...100 % ± 0,5 %; тахометр цифровий DT-2234C⁺, діапазон та точність вимірювання частоти

обертання 2,5...99999 об/хв, $\pm(0,05\% + 0,1 \text{ об/хв})$; ваги цифрові Mirra SKE3250, діапазон та точність вимірювання маси 0...5000 г ± 1 г; енергометр Lemans LM669, діапазон та точність вимірювання електричної потужності навантаження 0,0...3680 Вт $\pm 1,5\%$, діапазон та точність вимірювання споживання електроенергії 0,000...9999 кВт·год $\pm 1,5\%$.

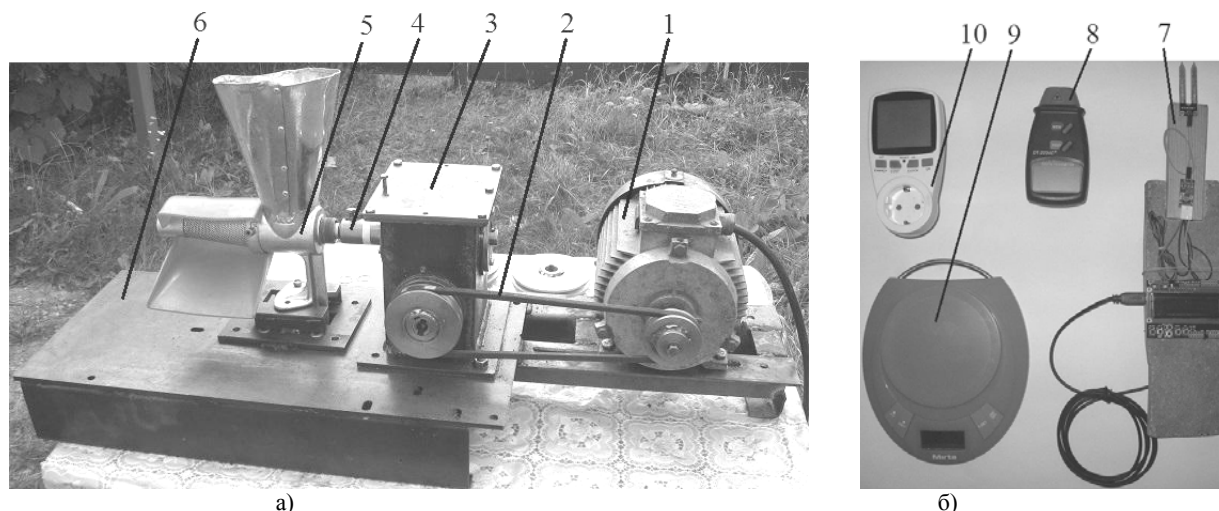


Рис. 1. Експериментальна установка зневоднення ТПВ шнековим пресом: а — загальний вигляд; б — контрольно-вимірювальні прилади; 1 — електродвигун; 2 — клинопасова передача; 3 — черв'ячний редуктор; 4 — постійна муфта; 5 — шнековий прес; 6 — рама; 7 — вимірювач відносної вологості ТПВ; 8 — тахометр цифровий; 9 — ваги цифрові; 10 — енергометр

Установка дозволяє проводити дослідження у разі зміни таких параметрів:

- початкових відносної вологості та густини ТПВ — зміною їхнього морфологічного складу;
- частоти обертання шнека — зміною передаточного відношення клинопасової передачі від 0,715 до 2,15 набором шківів, діаметрами 63, 67, 89, 114, 134 мм;
- радіального зазору між шнеком та корпусом — встановленням між торцем хвостовика шнека і корпусом шнекового преса металевих кілець товщиною 1,5 мм в кількості від 1 до 5 одиниць (1 кільце відповідає зазору 0,864 мм, 5 кілець — 0 мм);
- діаметра осердя шнека на останньому витку — напаянням металеві смужки на осердя шнека на останньому витку з подальшою механічною обробкою.

Вибір діапазонів варіювання факторів, що характеризують властивості ТПВ (початкові відносна вологість та густина ТПВ), здійснено на основі даних, опублікованих в роботах [4], [5] і наведених вище. Вибір діапазонів варіювання факторів, що характеризують параметри обладнання для процесів зневоднення ТПВ, проводився таким чином, щоб будь-яка їх сукупність в передбачених планом експерименту діапазонах могла бути реалізована і не приводила до протиріч. Для цього проведені пошукові експерименти для визначення області, в якій необхідні нам сполучення рівнів факторів були б стійко реалізовані. Рівні факторів та інтервали варіювання зведені в таблицю.

Рівні факторів та інтервали варіювання

Фактори	Рівні факторів					Інтервал варіювання
	-2	-1	0	+1	+2	
W_0 — початкова відносна вологість ТПВ, %	39	52,25	65,5	78,75	92	13,25
ρ_0 — початкова густина ТПВ, кг/м ³	190	292,5	395	497,5	600	102,5
n — частота обертання шнека, об/хв	33	49,575	66,15	82,725	99,3	16,575
$\Delta_{ш}/D_{\min}$ — відношення радіального зазору між шнеком та корпусом до зовнішнього діаметра шнека на останньому витку	0	0,006968	0,013935	0,020903	0,02787	0,006968
d_{\min}/D_{\min} — відношення діаметра осердя шнека до його зовнішнього діаметра на останньому витку	0,6935	0,7298	0,7661	0,8024	0,8387	0,0363

На основі даних табл. 1, використовуючи планування експерименту за допомогою ротатбельного центрального композиційного планування другого порядку, застосовуючи розроблене програмне забезпечення, що захищене свідоцтвом на твір [16] та детально описане в роботі [14], після

відкидання за критерієм Стьюдента незначимих факторів та ефектів взаємодій, отримано такі залежності:

$$W = 772,5 + 5,626W_0 - 1,147\rho_0 - 1,517n + 1935\Delta_{ш}/D_{min} - 1950d_{min}/D_{min} - 0,008773W_0n + \\ + 44,12W_0\Delta_{ш}/D_{min} - 10,57W_0d_{min}/D_{min} + 0,001673\rho_0n - 4,644\rho_0\Delta_{ш}/D_{min} + \\ + 1,32\rho_0d_{min}/D_{min} + 2,219nd_{min}/D_{min} - 4198(\Delta_{ш}/D_{min})(d_{min}/D_{min}) + 0,01839W_0^2 + \\ + 2,346 \cdot 10^{-4}\rho_0^2 + 1417(d_{min}/D_{min})^2 [\%]; \quad (3)$$

$$\rho = 10,91\rho_0 - 94,31W_0 - 14,43n + 11944\Delta_{ш}/D_{min} + 15221d_{min}/D_{min} + 0,279W_0n + \\ + 69,59W_0d_{min}/D_{min} - 0,02256\rho_0n - 30,7\rho_0\Delta_{ш}/D_{min} - 15,75\rho_0d_{min}/D_{min} + 0,1863W_0^2 + \\ + 0,003849\rho_0^2 + 0,04267n^2 - 8741(d_{min}/D_{min})^2 - 4210 \left[\text{кг/м}^3 \right]; \quad (4)$$

$$P_{max} = 12231 + 109,8W_0 - 0,7676\rho_0 + 27,45n + 91602\Delta_{ш}/D_{min} - 41610d_{min}/D_{min} - 0,2475W_0n + \\ + 558,6W_0\Delta_{ш}/D_{min} - 260,9W_0d_{min}/D_{min} - 7,713\rho_0d_{min}/D_{min} - 165174(\Delta_{ш}/D_{min})(d_{min}/D_{min}) + \\ + 0,7082W_0^2 + 0,009383\rho_0^2 - 0,0726n^2 + 40815(d_{min}/D_{min})^2 [\text{Вт}]; \quad (5)$$

$$C = 1504 - 15,92W_0 + 0,3214\rho_0 - 1,069n - 2061\Delta_{ш}/D_{min} - 1947d_{min}/D_{min} + 9,118 \cdot 10^{-4}W_0\rho_0 + \\ + 0,002142W_0n + 18,12W_0\Delta_{ш}/D_{min} - 2,115W_0d_{min}/D_{min} + 4,392 \cdot 10^{-4}\rho_0n - 2,005\rho_0\Delta_{ш}/D_{min} + \\ + 0,3361\rho_0d_{min}/D_{min} + 0,09031W_0^2 - 7,923 \cdot 10^{-4}\rho_0^2 + 0,008241n^2 + 104172(\Delta_{ш}/D_{min})^2 + \\ + 1318(d_{min}/D_{min})^2 [\text{кВт} \cdot \text{год/т}]. \quad (6)$$

Отримані регресійні залежності (3)—(6) можуть бути використаними під час створення методики інженерних розрахунків параметрів машин та механізмів для зневоднення ТПВ.

Проведено оптимізацію цільової функції — енергоємності зневоднення ТПВ C в середовищі MathCAD для таких параметрів оптимізації: частота обертання шнека n , відношення радіального зазору між шнеком та корпусом до зовнішнього діаметра шнека на останньому витку $\Delta_{ш}/D_{min}$, відношення діаметра осердя шнека до його зовнішнього діаметра на останньому витку d_{min}/D_{min} . Встановлено, що мінімальна енергоємність зневоднення змішаних ТПВ складає $C_{min} = 172,3 \dots 306,3$ кВт·год/т для таких оптимальних значень параметрів технологічного процесу зневоднення: $n_{opt} = 51,84 \dots 54,73$ об/хв; $(\Delta_{ш}/D_{min})_{opt} = (7,10 \dots 8,71) \cdot 10^{-3}$; $(d_{min}/D_{min})_{opt} = 0,710 \dots 0,765$, а для вологої фракції ТПВ $C_{min} = 30,7 \dots 158,5$ кВт·год/т для $n_{opt} = 36,91 \dots 47,20$ об/хв; $(\Delta_{ш}/D_{min})_{opt} = (5,45 \dots 10,45) \cdot 10^{-3}$; $(d_{min}/D_{min})_{opt} = 0,740 \dots 0,757$.

На рис. 2 показано поверхні відгуків цільової функції — енергоємності зневоднення ТПВ C в площинах параметрів оптимізації, які дозволяють наочно проілюструвати вказану залежність.

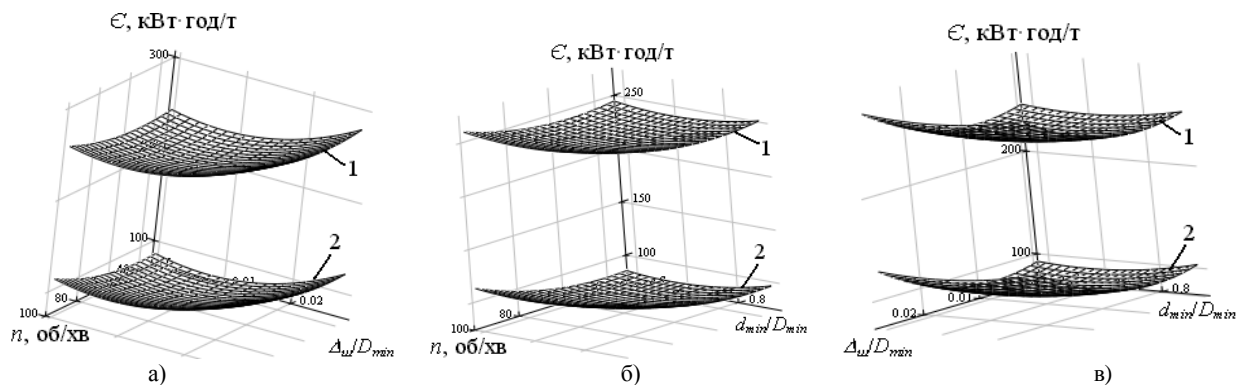


Рис. 2. Поверхні відгуків цільової функції — енергоємності зневоднення C : 1 — змішаних ТПВ;

2 — вологої фракції ТПВ в площинах параметрів оптимізації; а — $C = f(n, \Delta_{ш}/D_{min})$;

б — $C = f(n, d_{min}/D_{min})$; в — $C = f(\Delta_{ш}/D_{min}, d_{min}/D_{min})$

Як впливає з результатів оптимізації та рис. 2, енергоємність зневоднення вологої фракції ТПВ в 1,93...5,61 рази менша ніж для змішаних ТПВ, що підтверджує необхідність їхнього диференціального (роздільного) збирання.

Висновки

1. Проведено дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом за допомогою планування експерименту другого порядку, яке дало змогу визначити адекватні квадратичні регресійні моделі показників зневоднення від основних параметрів впливу, що можуть бути використані під час створення науково-технічних основ проектування високоефективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

2. Проведено параметричну оптимізацію цільової функції — енергоємності зневоднення твердих побутових відходів, яка дозволила отримати оптимальні значення параметрів технологічного процесу зневоднення. При цьому мінімальна енергоємність зневоднення змішаних твердих побутових відходів складає $C_{min} = 172,3...306,3$ кВт·год/т для таких оптимальних значень параметрів технологічного процесу зневоднення: $n_{opt} = 51,84...54,73$ об/хв; $(\Delta_{ш}/D_{min})_{opt} = (7,10...8,71) \cdot 10^{-3}$; $(d_{min}/D_{min})_{opt} = 0,710...0,765$, а для вологої фракції твердих побутових відходів $C_{min} = 30,7...158,5$ кВт·год/т для $n_{opt} = 36,91...47,20$ об/хв; $(\Delta_{ш}/D_{min})_{opt} = (5,45...10,45) \cdot 10^{-3}$; $(d_{min}/D_{min})_{opt} = 0,740...0,757$.

3. Побудовано поверхні відгуків цільової функції — енергоємності зневоднення твердих побутових відходів та їхні двомірні перерізи в площинах параметрів оптимізації, які дозволяють наочно проілюструвати залежність цієї цільової функції від окремих параметрів впливу.

4. Встановлено, що енергоємність зневоднення вологої фракції твердих побутових відходів в 1,93...5,61 рази менша ніж для змішаних твердих побутових відходів, що підтверджує необхідність їхнього диференціального (роздільного) збирання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. В. Березюк, «Моделирование распространенности повторного использования твердых бытовых отходов», на *Международ. науч.-практ. конф. Актуальные проблемы архитектуры, строительства, энергоэффективности и экологии*, Тюмень, 2016, т. II, с. 11-16.
- [2] О. В. Березюк, «Математичне моделювання прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів та площ полігонів і сміттєзвалищ в Україні», *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: науково-технічний збірник*, № 2 (7), с. 88-91, 2009.
- [3] Кабінет Міністрів України *Постанова № 265 «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами»*, 2004, Берез. 4). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
- [4] А. Ю. Масленников, «Характеристика твердых бытовых отходов», *Отраслевой портал. Вторичное сырье*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.recyclers.ru>.
- [5] И. В. Варнавская, «Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов», *Экология и промышленность*, № 1, с. 39-43, 2008.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] О. В. Березюк, «Гідропривод зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі», *Патент України В65F 3/00. № 109036 МПК(2016.01)*, 10.08.2016.
- [9] О. В. Березюк, «Шляхи підвищення ефективності пресування твердих побутових відходів у сміттєвозах», *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: науково-технічний збірник*, № 1 (6), с. 111-114, 2009.
- [10] О. В. Березюк, «Привод зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 2, с. 14-18, 2016.
- [11] В. К. Рижий, Т. І. Римар, та І. Л. Тимофеев, «Утилізація твердих побутових відходів на наявних комунальних ТЕЦ», *Вісник Національного університету «Львівська політехніка*, № 712: *Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація*, с. 17-22, 2011.
- [12] Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, та О. В. Поліщук, «Гідроімпульсний привод установки для вібраційного зневоднення вторинних продуктів харчових переробних виробництв», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 2, с. 71-75, 2010.
- [13] І. В. Севостьянов, «Теоретичні основи процесів та обладнання для віброударного зневоднення відходів харчових виробництв», автореф. дис. д-ра техн. наук, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна, 2013, 43 с.

[14] О. В. Березюк, «Модельовання компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттєвозі на основі комп'ютерної програми PlanExp,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 23-28, 2016.

[15] O. V. Bereziuk, M. S. Lemeshev, V. V. Bohachuk, and M. 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, no. 108083G, 2018, [https://doi.org/ 10.1117/12.2501557](https://doi.org/10.1117/12.2501557).

[16] О. В. Березюк, «Комп'ютерна програма «Планування експерименту (PlanExp),» *Свідомство про реєстрацію авторського права на твір № 46876*, Київ: Державна служба інтелектуальної власності України, дата реєстрації: 21.12.2012.

Рекомендована кафедрою безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 12.10.2018

Березюк Олег Володимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, e-mail: berezyukoleg@i.ua ;

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. V. Bereziuk¹

Experimental Study of Dehydration of Solid Domestic Wastes with Screw Press

¹Vinnitsia National Technical University

The experimental study of the dehydration of solid domestic wastes by screw press is an actual scientific and technical task as one of the components for solving the problem of creating scientific and technical bases for the design of highly efficient working bodies of machines for the collection and primary processing of solid domestic wastes. The dehydration research of solid domestic wastes with screw press was conducted with the help of planning of the second order experiment. The regressive dependences of such indicators of the dehydration process as the final relative humidity and the density of solid domestic wastes, the maximum power of the drive motor and the energy intensity of dehydration from the main parameters of influence were obtained: initial relative humidity and density of solid domestic wastes, angular speed of screw, radial clearance between the screw and housing, the core diameter of the screw is on the last turn. The surfaces of responses to the target function are constructed — the energy intensity of dehydration of solid domestic wastes and their two-dimensional cross sections in the planes of optimization parameters. Parametric optimization of the dehydration process of solid domestic wastes by the criterion of its minimum energy intensity is carried out. It is determined that the minimum energy intensity of dehydration of mixed solid domestic wastes is 172,3...306,3 kWh/t for the optimal values of the parameters of the technological process of dehydration: angular speed of screw 51,84...54,73 rpm; the ratio of the radial clearance between the screw and the body to the outer diameter of the screw on the last turn $(7,10...8,71) \cdot 10^{-3}$; the ratio of the core diameter of the screw to its outer diameter at the last turn of 0,710...0,765, and for the wet fraction of solid domestic wastes, the minimum energy intensity of dehydration is 30,7...158,5 kWh/t for optimal values: angular speed of screw 36,91...47,20 rpm; the ratio of the radial clearance between the screw and the body to the outer diameter of the screw on the last turn $(5,45...10,45) \cdot 10^{-3}$; the ratio of the core diameter of the screw to its outer diameter at the last turn of 0,740...0,757.

Keywords: experiment, planning experiment, screw press, dehydration, energy intensity, relative humidity, solid domestic wastes.

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

Экспериментальное исследование процессов обезвоживания твердых бытовых отходов шнековым прессом

¹Винницкий национальный технический университет

Экспериментальное исследование процессов обезвоживания твердых бытовых отходов шнековым прессом является актуальной научно-технической задачей как одной из составляющих для решения проблемы создания научно-технических основ проектирования высокоэффективных рабочих органов машин для сбора и первичной переработки твердых бытовых отходов. Проведено исследование процессов обезвоживания твердых бытовых отходов шнековым прессом с помощью планирования эксперимента второго порядка. Получены регрессионные зависимости таких показателей процесса обезвоживания как конечная относительная влажность и плотность твердых бытовых отходов, максимальная мощность двигателя привода и энергоемкость обезвоживания от основных параметров влияния: начальных относительной влажности и плотности твердых бытовых отходов, частоты вращения шнека, радиального зазора между шнеком и корпусом, диаметра сердечника шнека на последнем витке. Построены поверхности отклика целевой функции — энергоемкости обезвоживания твердых бытовых отходов и их двумерные сечения в плоскостях параметров оптимизации. Проведена параметрическая оптимизация процесса обезвоживания твердых бытовых отходов по критерию его минимальной энергоемкости. Определено, что минимальная энергоемкость обезвоживания смешанных твердых бытовых отходов составляет 172,3...306,3 кВт·ч/т для таких оптимальных значений параметров технологического процесса обезвоживания: частота вращения шнека 51,84...54,73 об/мин; отношение радиального зазора между шнеком и корпусом к внешнему диаметру шнека на последнем витке $(7,10...8,71) \cdot 10^{-3}$; отношение диаметра сердечника шнека к его внешнему диаметру на последнем витке 0,710...0,765, а для влажной фракции твердых бытовых отходов минимальная энергоемкость обезвоживания составляет 30,7...158,5 кВт·ч/т для оптимальных значений: частоты вращения шнека 36,91...47,20 об/мин; отношение радиального зазора между шнеком и корпусом к внешнему диаметру шнека на последнем витке $(5,45...10,45) \cdot 10^{-3}$; отношение диаметра сердечника шнека к его внешнему диаметру на последнем витке 0,740...0,757.

Ключевые слова: эксперимент, планирования эксперимента, шнековый пресс, обезвоживание, энергоемкость, относительная влажность, твердые бытовые отходы.

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