

ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ТИСКУ В ЗОНІ УЩІЛЬНЕННЯ ТПВ ШНЕКОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі визначено значення максимального тиску в зоні ущільнення твердих побутових відходів шнеком, що може бути використано для виконання попередніх проектних розрахунків параметрів приводу зневоднення їхнього у сміттєвозі як однієї із складових вирішення проблеми створення науково-технічних основ проектування вискоєфективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

Ключові слова: сміттєвоз, тверді побутові відходи, відносна вологість, зневоднення, ущільнення, тиск, шнековий прес.

Abstract

In this paper, the value of the maximum pressure in the zone of municipal solid waste compaction by a screw is determined, which can be used to perform preliminary design calculations of parameters for dewatering them in a dustcart as one of the components of solving the problem of creating scientific and technical bases for designing highly efficient working bodies of machines for cleaning and primary processing of municipal solid waste.

Keywords: dustcart, municipal solid waste, relative humidity, dehydration, compaction, pressure, screw press.

Вступ

Щороку в населених пунктах України утворюється понад 54 млн. м³ твердих побутових відходів (ТПВ). З них 93,9% захоронюється на 4530 полігонах та сміттєзвалищах площею майже 7700 гектарів та лише 5,1% переробляються або утилізуються на сміттєспалювальних заводах [1]. 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, що не відповідають нормам екологічної безпеки, в тому числі й через забруднення ґрунтів фільтратом, який може потрапляти до підземних вод, забруднюючи їх. Для збирання та транспортування ТПВ до місць захоронення та утилізації використовуються кузовні сміттєвози в кількості більше 4100 од. [2], що здатні ущільнювати ТПВ [3], зменшуючи витрати на перевезення і необхідні площі полігонів [4], але в той же час пов'язані зі значними фінансовими витратами [5-7]. Зношеність автопарку сміттєвозів вітчизняних комунальних підприємств в середньому досягає майже 70 % [8, 9]. Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 265 [10], важливим є забезпечення застосування у комунальному господарстві країни сучасних вискоєфективних сміттєвозів, як основної ланки в структурі машин для збирання та первинної переробки ТПВ. Тому визначення максимального тиску в зоні ущільнення твердих побутових відходів шнеком для виконання попередніх проектних розрахунків параметрів приводу їхнього зневоднення у сміттєвозі, є актуальною науково-технічною задачею як однієї із складових для вирішення проблеми створення науково-технічних основ проектування вискоєфективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

Результати дослідження

Порівняно з твердими промисловими відходами [11-14], які, як правило, є однорідними, ТПВ мають характеристики, що змінюються в широкому діапазоні значень. Однією із таких характеристик є відносна вологість ТПВ. В статті [15] наведено результати експериментального дослідження процесів зневоднення ТПВ кінчним шнековим пресом з вимірюванням відносної вологості за допомогою вологоміра, описаного в роботі [16]. При цьому максимальна потужність приводу експериментальної установки склала $P_{max} = 1441$ Вт при частоті обертання шнека $n = 100,4$ об/хв та початковій густині ТПВ $\rho_0 = 188$ кг/м³.

На основі математичних перетворень виразів, наведених в роботі [17] визначимо осьову силу для останнього витка шнека за формулою

$$F = \frac{60P_{\max}\eta}{\pi D_{\min} f \cos^2 \alpha} = \frac{60 \cdot 1441 \cdot 0,561}{3,14 \cdot 100,4 \cdot 0,031 \cdot 0,3 \cdot \cos^2 0,112} = 16750 \text{ (Н)}, \quad (1)$$

де P_{\max} – максимальна потужність приводу, Вт; η – КПД привода ($\eta = 0,561$ [15]); n – частота обертання шнека, об/хв; D_{\min} – зовнішній діаметр шнека на останньому витку, м ($D_{\min} = 0,031$ м [15]); f – коефіцієнт тертя ТПВ по витках шнека ($f = 0,3$); α – кут підйому гвинтової лінії шнека, °.

Кут підйому гвинтової лінії шнека визначаємо за допомогою виразу [18]

$$\alpha = \arctg\left(\frac{T_{\min}}{\pi D_{\min}}\right) = \arctg\left(\frac{0,011}{3,14 \cdot 0,031}\right) = 0,112 \text{ (рад)}, \quad (2)$$

де T_{\min} – крок витків шнека на останньому витку, м ($T_{\min} = 0,011$ м [15]).

Тоді максимальний тиск в зоні ущільнення ТПВ шнеком може бути обчисленим за ітераційною формулою, отриманою на основі математичних перетворень виразів, наведених в роботі [17]

$$\begin{aligned} p_{\max_1} &= \frac{4F\rho_1 \ln p_{\max_0} + \pi(D_{\min}^2 - d_{\min}^2)(\rho_1 - \rho_0)}{\pi(D_{\min}^2 - d_{\min}^2)[\rho_1 + \rho_0(\ln p_{\max_0} - 1)]} = \\ &= \frac{4 \cdot 16750 \cdot 513 \cdot \ln 10^7 + 3,14(0,031^2 - 0,0215^2)(513 - 188)}{3,14(0,031^2 - 0,0215^2)[513 + 188(\ln 10^7 - 1)]} = 1,054 \cdot 10^8 \text{ (Па)}; \\ p_{\max_2} &= \frac{4F\rho_1 \ln p_{\max_1} + \pi(D_{\min}^2 - d_{\min}^2)(\rho_1 - \rho_0)}{\pi(D_{\min}^2 - d_{\min}^2)[\rho_1 + \rho_0(\ln p_{\max_1} - 1)]} = \\ &= \frac{4 \cdot 16750 \cdot 513 \cdot \ln 1,054 \cdot 10^8 + 3,14(0,031^2 - 0,0215^2)(513 - 188)}{3,14(0,031^2 - 0,0215^2)[513 + 188(\ln 1,054 \cdot 10^8 - 1)]} = 1,067 \cdot 10^8 \text{ (Па)}, \end{aligned} \quad (3)$$

де ρ_1 – густина зневоднених та попередньо ущільнених ТПВ, кг/м³ ($\rho_1 = 513$ кг/м³ [15]); $p_{\max_0} = 10^7$ Па – максимальний тиск в зоні ущільнення ТПВ шнеком в першому наближенні; d_{\min} – діаметр осердя шнека на останньому витку, м ($d_{\min} = 0,0215$ м [15]).

Оскільки $p_{\max_2} \approx p_{\max_1}$, то остаточно приймаємо максимальний тиск в зоні ущільнення ТПВ шнеком рівним $p_{\max} = 1,067 \cdot 10^8$ Па = 106,7 МПа.

Отримане значення максимального тиску в зоні ущільнення ТПВ шнеком може бути використано для виконання попередніх проектних розрахунків параметрів приводу зневоднення твердих побутових відходів у сміттєвозі.

Висновки

Отже, отримано значення максимального тиску в зоні ущільнення твердих побутових відходів шнеком, що може бути використано для виконання попередніх проектних розрахунків параметрів приводу зневоднення їхнього у сміттєвозі як однієї із складових вирішення проблеми створення науково-технічних основ проектування вискоєфективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попович В. В. Еколого-техногенна небезпека сміттєзвалищ та наукові основи фітомеліоративних заходів їх виведення з експлуатації : дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 21.06.01 “Екологічна безпека” / В. В. Попович. – Львів, 2017. – 530 с.

2. Berezyuk O. V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O. V. Berezyuk, V. I. Savulyak // *TEHNOMUS*. – Suceava, Romania, 2015. – No. 22. – P. 345-351.
3. Березюк О. В. Привод зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі / О. В. Березюк // *Вісник машинобудування та транспорту*. – 2016. – № 2. – С. 14-18.
4. Попович В. В. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто–сміттєзвалище" / В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський, Н. П. Попович, М. А. Панасюк // *Науковий вісник НЛТУ України*. – 2017. – Т. 27. – № 10. – С. 111-116.
5. Berezyuk O. Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart / O. Berezyuk, V. Savulyak // *Technical Sciences*. – Olsztyn, Poland, 2017. – No. 20 (3). – P. 259-273.
6. 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.
7. Савуляк В. І. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів : монографія / В. І. Савуляк, О. В. Березюк. – Вінниця, 2006. – 217 с.
8. Березюк О. В. Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза / О. В. Березюк // *Промислова гідраліка і пневматика*. – 2011. – № 34 (4). – С. 80-83.
9. Березюк О. В. Вплив характеристик тертя на динаміку гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза / О. В. Березюк, В. І. Савуляк // *Проблеми тертя та зношування*. – 2015. – № 3 (68). – С. 45-50.
10. Постанова Кабінету Міністрів У країни від 4 березня 2004 року № 265 «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами» [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
11. Лемешев М. С. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів / М. С. Лемешев, О. В. Христин, С. Ю. Зузяк // *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві*. – 2018. – № 1. – С. 18-23.
12. Ковальський В. П. Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах / В. П. Ковальський, О. С. Сідлак // *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: науково-технічний збірник*. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2014. – № 1 (16). – С. 35-40.
13. Сердюк В. Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христин // *Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка. Науково-технічний збірник*. – 2009. – Вип. 33. – С. 57-62.
14. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. – Рівне : Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.
15. Березюк О. В. Експериментальне дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом / О. В. Березюк // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2018. – № 5. – С. 18-24. – <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2018-140-5-18-24>.
16. Bereziuk O. V. Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3 / O. V. Bereziuk, M. S. Lemeshev, V. V. Bohachuk, M. Duk // *Proc. SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018*. – 2018. – Vol. 10808. – No. 108083G. – <https://doi.org/10.1117/12.2501557>.
17. Татарьянц М. С., Завинский С. И., Трошин А. Г. Разработка методики расчёта нагрузок на шнек и энергозатрат шнековых прессов // *ScienceRise*. – 2015. – Т. 6. – № 2 (11). – С. 80-84.
18. Гевко І. Дослідження моменту інерції гвинтових транспортерів / І. Гевко, А. Дячун, Р. Грудовий // *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. – 2012. – № 16. – С. 201-210.

Березюк Олег Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: berezyukoleg@i.ua.

Bereziuk Oleg V. – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety and Safety Pedagogics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: berezyukoleg@i.ua.