

FINDING THE MAXIMUM PRESSURE VALUE IN THE SOLID WASTE COMPACTION ZONE WITH A SCREW PRESS

Vinnitsia National Technical University

Анотація

Визначено значення максимального значення тиску в зоні ущільнення твердих побутових відходів шнековим пресом, 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 високоефективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

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

Abstract

The maximum pressure value in the municipal solid waste compaction zone with a screw press is determined. this can be used for performing preliminary design calculations of parameters for dewatering them in a garbage truck 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: screw press, dustcart, municipal solid waste, relative humidity, dehydration, compaction, pressure.

Introduction

Every year, more than 54 million m³ of solid domestic waste (MSW) is generated in Ukrainian localities. Of these, 93.9% are buried in 4,530 landfills and landfills with an area of almost 7,700 hectares, and only 5.1% are processed or disposed of in incinerators [1]. During 1999-2014, the total area of landfills and landfills in Ukraine increased by 3 times. Also, the area of overloaded landfills and landfills that do not meet environmental safety standards has increased almost 2 times, including through soil contamination with filtrate, which can get into underground water, polluting them. To collect and transport MSW to landfills and disposal sites, body-mounted garbage trucks are used in an amount of more than 4,100 units [2]. they are capable of compacting MSW [3], reducing transportation costs and the necessary landfill areas [4], but at the same time they are associated with significant financial costs [5-7]. The average wear and tear of the garbage truck fleet of domestic utilities reaches almost 70 % [8, 9]. According to the Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 265 [10], it is important to ensure the use of modern high-efficiency garbage trucks in the country's municipal economy, as the main link in the structure of machines for cleaning and primary processing of MSW. Therefore, determining the maximum pressure in the MSW compaction zone with a screw to perform preliminary design calculations of parameters for their dewatering in a garbage truck is an urgent scientific and technical task, as one of the components for 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.

Research results

Compared to solid industrial waste [11-14], which is usually homogeneous, MSW has characteristics that vary over a wide range of values. One of these characteristics is the relative humidity of MSW. The article [15] presents the results of an experimental study of the processes of MSW dewatering by a conical screw press with the measurement of relative humidity using a moisture meter described in [16]. At the same time, the maximum drive power of the experimental unit was $P_{max} = 1441$ W at the screw speed $n = 100.4$ rpm and the initial density of MSW $\rho_0 = 188$ kg/m³.

Based on mathematical transformations of expressions given in [17], we determine the axial force for the last turn of the screw by the formula

$$F = \frac{60P_{\max}\eta}{\pi D_{\min} f \cos^2 \alpha} = \frac{60 \cdot 1441 \cdot 0.561}{3.14 \cdot 100.4 \cdot 0.031 \cdot 0.3 \cdot \cos^2 0.112} = 16750 \text{ (N)}, \quad (1)$$

where P_{\max} – maximum drive power, W; η – drive efficiency ($\eta = 0.561$ [15]); n – screw rotation speed, rpm; D_{\min} – external diameter of the screw on the last turn, m ($D_{\min} = 0.031$ m [15]); f – friction coefficient of MSW along the turns of the screw ($f = 0.3$); α – angle of lift of the screw helix, incl.

The angle of elevation of the screw line of the auger is determined using the expression [18]

$$\alpha = \arctg\left(\frac{T_{\min}}{\pi D_{\min}}\right) = \arctg\left(\frac{0.011}{3.14 \cdot 0.031}\right) = 0.112 \text{ (rad)}, \quad (2)$$

where T_{\min} – is the pitch of the screw turns in the last turn, m ($T_{\min} = 0.011$ m [15]).

Then the maximum pressure in the MSW compaction zone by the screw can be calculated using the interracial formula obtained from mathematical transformations of expressions given in [17]

$$\begin{aligned} p_{\max_1} &= \frac{4F\rho_1 \ln p_{\max_0} + \pi(D_{\min}^2 - d_{\min}^2)(\rho_1 - \rho_0)}{\pi(D_{\min}^2 - d_{\min}^2)[\rho_1 + \rho_0(\ln p_{\max_0} - 1)]} = \\ &= \frac{4 \cdot 16750 \cdot 513 \cdot \ln 10^7 + 3.14(0.031^2 - 0.0215^2)(513 - 188)}{3.14(0.031^2 - 0.0215^2)[513 + 188(\ln 10^7 - 1)]} = 1.054 \cdot 10^8 \text{ (Pa);} \\ p_{\max_2} &= \frac{4F\rho_1 \ln p_{\max_1} + \pi(D_{\min}^2 - d_{\min}^2)(\rho_1 - \rho_0)}{\pi(D_{\min}^2 - d_{\min}^2)[\rho_1 + \rho_0(\ln p_{\max_1} - 1)]} = \\ &= \frac{4 \cdot 16750 \cdot 513 \cdot \ln 1.054 \cdot 10^8 + 3.14(0.031^2 - 0.0215^2)(513 - 188)}{3.14(0.031^2 - 0.0215^2)[513 + 188(\ln 1.054 \cdot 10^8 - 1)]} = 1.067 \cdot 10^8 \text{ (Pa),} \end{aligned} \quad (3)$$

where ρ_1 – is the density of dehydrated and pre-compacted MSW, kg/m³ ($\rho_1 = 513$ kg/m³ [15]); $p_{\max_0} = 10^7$ Pa – the maximum pressure in the zone of compaction of MSW by the screw in the first approximation; d_{\min} – the diameter of the screw core on the last turn, m ($d_{\min} = 0.0215$ m [15]).

Since $p_{\max_2} \approx p_{\max_1}$, we finally accept the maximum pressure in the MSW compaction zone with the screw equal to $p_{\max} = 1.067 \cdot 10^8$ Pa = 106.7 MPa.

The obtained value of the maximum pressure in the MSW compaction zone with a screw can be used to perform preliminary design calculations of parameters for dewatering municipal solid waste in a garbage truck.

Conclusions

So, the value of the maximum pressure in the municipal solid waste compaction zone with a screw is obtained, which can be used to perform preliminary design calculations of parameters for dewatering them in a garbage truck 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.

References

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. 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.
6. 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.
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 гідравліка 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 країні від 4 березня 2004 року № 265 «Про затвердження Програми поведження з твердими побутовими відходами» [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
11. 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.
12. 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.
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.