

ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО ВОЛОГОСТІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ПІД ЧАС ЗАВАНТАЖЕННЯ У СМІТТЄВОЗ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі сформовано вимоги до вологості твердих побутових відходів під час завантаження у сміттєвоз в залежності від шляхів поводження з ними. Встановлена необхідність зневоднення твердих побутових відходів для більшості розглянутих методів поводження з ними.

Ключові слова: сміттєвоз, тверді побутові відходи, методи поводження з твердими побутовими відходами, відносна вологість, зневоднення.

Abstract

In this paper, the requirements for humidity of municipal solid wastes during loading into the dustcart, depending on the ways of handling them, are formed. The necessity of dehydration of municipal solid wastes for the majority of considered methods of handling them is established.

Keywords: dustcart, municipal solid wastes, methods of handling municipal solid wastes, relative humidity, dehydration.

Вступ

В українських населених пунктах щороку утворюється понад 40 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]. 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, 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., які здатні ущільнювати ТПВ, зменшуючи витрати на перевезення і необхідні площі полігонів [2], але в той же час 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 у комунальному господарстві країни сучасних вискоєфективних сміттєвозів, як основної ланки в структурі машин для збирання та первинної переробки ТПВ. Тому формування вимог до вологості твердих побутових відходів під час завантаження у сміттєвоз в залежності від шляхів поводження з ними, 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

На відміну від твердих промислових відходів [4-7], які, як правило, є однорідними, ТПВ мають характеристики, що змінюються в широкому діапазоні значень. В статті [8] наведено діапазон значень відносної вологості змішаних ТПВ 39...53 %. Згідно даних, наведених в роботі [9], у весняно-літній період відносна вологість харчової фракції ТПВ складає 60...64 %, а в осінній – 75...92 %. В залежності від шляхів поводження з ТПВ необхідна їхня відносна вологість може бути різною. Для успішного компостування потрібно дотримуватись таких вимог [10]: відносна вологість ТПВ повинна бути не менше 50...60% за масою; вміст харчових відходів – не менше 25...30% за масою; відношення карбону до нітрогену С:N у ТПВ повинно бути 25...30:1. Оптимальний вміст вологи в ТПВ для процесу компостування становить 60% [11].

В місцях захоронення ТПВ утворюється звалищний газ (біогаз) [12-18]. Кількість біогазу пропорційна вологості ТПВ. Вологовміст визначає активність анаеробних процесів в екосистемі масиву відходів. Розчинність діоксиду вуглецю у воді вище, ніж розчинність метану, тому високий рівень вологості ТПВ збільшує зміст метану в газовій фазі. Мінімальна вологість ТПВ для початку процесу утворення біогазу складає 20 %. Максимальна кількість біогазу утворюється при значенні відносної вологості ТПВ 60...80 % [19].

В роботі [20] на основі планування експерименту другого порядку із ефектами взаємодії першого порядку отримана математична модель залежності нижчої теплоти згорання синтез-газу від таких параметрів процесу газифікації відходів деревини: розмір частинок деревини; кількість повітря, яка подається в газогенератор; відносна вологість суміші деревини. Вища теплота згорання біогазу зі зниженням вологості відходів деревини (ялинкавої тріски) підвищується з 4,7 МДж/нм³ до 5,78 МДж/нм³. Якщо вологість відходів деревини буде надто високою, то якість синтез-газу знизиться за рахунок зниження температури в камері газифікації, що приведе до зниження не тільки кількості Н₂ в синтез-газі, але й збільшенні СО₂, тому що при низьких температурах не буде відбуватись гетерогенна реакція відновлення двоокису вуглецю. А це, в свою чергу, приведе до зниження кількості в синтез-газі, ще одного горючого газу СО [20].

Зниження відносної вологості цукрової тростини з 42% до 10% під час спалювання в печі з нерухомим шаром дозволяє скоротити тривалість спалювання в 3,4...6 разів [21]. В роботі [22] доведена неможливість самостійного горіння ТПВ при вологості, з якою вони потрапляють зі сміттєвозів до сміттєспалювального заводу, що вказує на необхідність їхнього зневоднення перед спалюванням. Зменшення відносної вологості ТПВ на 25...40% призводить до збільшення їхньої питомої теплоти згорання в 1,6...2,2 рази [22]. В роботі [23] розглянуто можливість утилізації ТПВ на наявних комунальних ТЕЦ з генеруючою потужністю 12 МВт, що можуть працювати на енергетичному паливі (суміші ТПВ, зневоднених до 20% відносної вологості та кам'яного вугілля з масовою часткою 16%) із розрахунковою нижчою теплотою згорання 10,99 МДж/кг.

На думку авторів роботи [24] необхідно зневоднювати біомасу, оскільки системи піролізу можуть обробляти біомасу, що містить, як правило, менше 30% вологи. Початковий вміст вологи впливає як на поведінку біомаси під час піролізу, так і на фізико-хімічні властивості піролізної нафти. Під час піролізу тепло використовується для ендотермічного випаровування вмісту вологи, присутнього в частинках біомаси, та реакцій розкладання. Початковий вміст вологи підвищує енергетичні витрати та температуру реакції піролізу. Дуже високий вміст вологи в біомасі сповільнює швидкість нагрівання біомаси. Наприклад, для початку реакції піролізу біомаса з початковим вмістом вологи в 40% потребувала додаткової енергії 1120 кДж/кг порівняно зі зразком сухої речовини [24]. В той же час занадто низька вологість біомаси при піролізі призводить до виробництва дуже в'язкої нафти, особливо при більш високих температурах реакції. Оптимальне значення відносної вологості біомаси для піролізу знаходиться в межах 10,5...12% [25].

Зменшення відносної вологості ТПВ з 51,7% до 9,2% під час піролізу та газифікації при температурі 650°C призводить до підвищення нижчої теплоти згорання синтетичного газу з 3,75 до 4,85 МДж/нм³, а також до підвищення ефективності перетворення енергії з 45% до 69% (рис. 1), а для того, щоб гарантувати високу продуктивність газифікації, ТПВ повинні містити вологу не більше 20...25% [26].

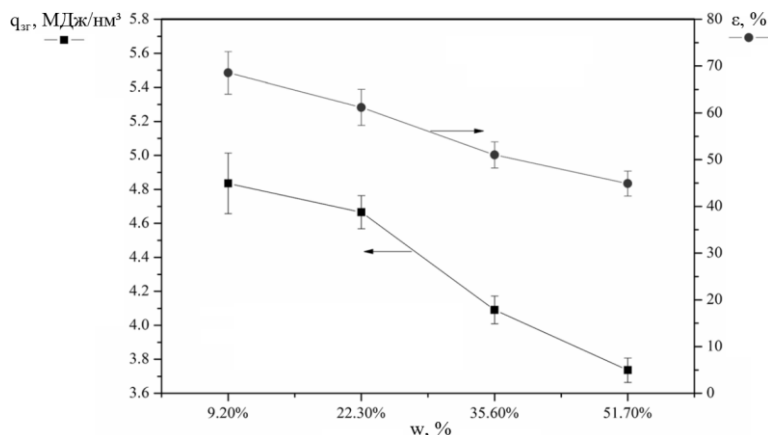


Рис. 1. Залежність нижчої теплоти згорання q_{gr} та ефективності перетворення енергії ϵ від відносної вологості ТПВ w під час піролізу та газифікації [26]

Оптимальне значення вологості для газифікаторів з киплячим шаром для низькосортних палив (таких як ТПВ) складає 12...15% [27].

Кінцевим продуктом попередньої підготовки ТПВ для газифікації повинні бути брикети з робочою вологістю 13...15 % [28]. Зменшення відносної вологості ТПВ з 58% до 33% дозволяє підвищити густину отриманих брикетів в 1,4 рази для тиску пресування 15 МПа. Для забезпечення стабільного режиму псевдозрідження дисперсної фази ТПВ необхідно використовувати матеріал вологістю менше 25% [29].

На основі вищенаведених даних сформовано вимоги до вологості ТПВ під час завантаження у сміттєвоз в залежності від шляхів поводження з ними, які оформлено у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 – Вимоги до вологості ТПВ під час завантаження у сміттєвоз в залежності від шляхів поводження з ними

Метод поводження з ТПВ	Відносна вологість ТПВ, %		
	мінімальна	оптимальна	максимальна
Компостування	50	60	–
Видобування звалищного газу	20	60...80	–
Спалювання	–	–	20
Піроліз	–	10,5...12	30
Газифікація	–	12...15	20...25
Брикетування	–	13...15	25

Як видно із табл. 1 зневоднювати ТПВ потрібно майже для усіх розглянутих методів поводження з ними крім компостування та видобування звалищного газу. В роботах [30, 31] 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. Тому в роботі [32] запропоновано схему гідроприводу зневоднення та ущільнення ТПВ у сміттєвозі під час їхнього завантаження. В статтях [33, 34] 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 [35] за допомогою запропонованого вологоміра [36] проведено дослідження процесів зневоднення ТПВ шнековим пресом за допомогою планування експерименту другого порядку, яке дало змогу визначити адекватні квадратичні регресійні моделі показників зневоднення від основних параметрів впливу.

Висновки

Отже, сформовано вимоги до вологості твердих побутових відходів під час завантаження у сміттєвоз в залежності від шляхів поводження з ними, що підтверджують необхідність їхнього зневоднення для більшості розглянутих методів поводження і можуть бути використані під час створення науково-технічних основ проектування високоефективних 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. 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.
3. 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>.

4. 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.
5. Сердюк В. Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христин // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57-62.
6. 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.
7. 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.
8. Масленников А. Ю. Характеристика твердых бытовых отходов [Электронный ресурс] / А. Ю. Масленников // Отраслевой портал. Вторичное сырье. – Режим доступа : <http://www.recyclers.ru>.
9. Варнавская И. В. Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / И. В. Варнавская // Экология и промышленность. – 2008. – № 1. – С. 39-43.
10. Білецька Г. А. Урбоекотологія [Електронний ресурс] / Г. А. Білецька. – Режим доступу : http://lubbook.net/book_538.html.
11. Hamoda M. F. Evaluation of municipal solid waste composting kinetics / M. F. Hamoda, H. A. A. Qdais, J. Newham // Resources, conservation and recycling. – Elsevier, 1998. – V. 23. – No. 4. – P. 209-223.
12. Ратушняк Г. С. Тепловтрати в біогазових установках при різних температурних режимах анаеробного бродіння / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 5. – С. 20-24.
13. Березюк О. В. Моделирование состава биогаза при анаэробном разложении твердых бытовых отходов / О. В. Березюк // Автоматизированные технологии и производства. – 2015. – № 4 (10). – С. 44-47.
14. Березюк О. В. Виявлення параметрів впливу на питомий об'єм видобування звалищного газу / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 3. – С. 20-23.
15. Ткаченко С. Й. Математичне моделювання робочих процесів в біогазовій установці / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 3. – С. 41-47.
16. Березюк О. В. Розробка математичної моделі прогнозування питомого потенціалу звалищного газу / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 2. – С. 39-42.
17. Березюк О. В. Моделювання ефективності видобування звалищного газу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 6. – С. 21-24.
18. Березюк О. В. Моделювання поширеності способів утилізації звалищного газу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 5. – С. 65-68.
19. Батракова Г. М. Моделирование переноса и рассеивания в атмосферном воздухе метана, эмитированного с территории захоронения твердых бытовых отходов / Г. М. Батракова, М. Г. Бояршинов, В. Д. Горемыкин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия : Геология. – 2005. – № 1. – С. 256-262.
20. Лис С. С. Вплив вологості деревини на процес газифікації деревини у суцільному шарі / С. С. Лис, Й. С. Мисак // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 4. – № 8. – С. 4-6.
21. Sánchez C. Z. Effect of particle size and humidity on sugarcane bagasse combustion in a fixed bed furnace / C. Z. Sánchez, P. Gauthier-Maradei, H. H. Escalante // Revista ION. – 2013. – V. 26. – No. 2. – P. 73-85.
22. Сігал О. І. Дослідження кількості теплоти, що виділяється при спалюванні змішаних твердих побутових відходів м. Києва / О. І. Сігал, С. С. Крикун, Н. Ю. Павлюк, І. В. Сагін, С. В. Плашихін, Д. А. Кіржнер, М. В. Семенюк, Г. Б. Каменьков // Промышленная теплотехника. – 2017. – Т. 39. – № 3. – С. 78-84.
23. Рижий В. К. Утилізація твердих побутових відходів на наявних комунальних ТЕЦ / В. К. Рижий, Т. І. Римар, І. Л. Тимофеев // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2011. – № 712 : Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – С. 17-22.
24. Akhtar J. A review on operating parameters for optimum liquid oil yield in biomass pyrolysis / J. Akhtar, N. A. S. Amin // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Elsevier, 2012. – V. 16. – No. 7. – P. 5101-5109. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.033>.
25. Demirbas A. Effect of initial moisture content on the yields of oily products from pyrolysis of biomass / A. Demirbas // Journal of analytical and applied pyrolysis. – Elsevier, 2004. – V. 71. – No. 2. – P. 803-815. – <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2003.10.008>.
26. Dong J. Effect of operating parameters and moisture content on municipal solid waste pyrolysis and gasification / J. Dong, Y. Chi, Y. Tang, M. Ni, A. Nzihou, E. Weiss-Hortala, Q. Huang // Energy & Fuels. – 2016. – V. 30. – No. 5. – P. 3994-4001.
27. Рыжков А. Ф. Развитие технологического горения в энергетических установках / А. Ф. Рыжков // Современная наука : исследования, идеи, результаты, технологии. – 2010. – № 1. – С. 3-12.
28. Загруднинов Р. Ш. Газификация твердых бытовых отходов / Р. Ш. Загруднинов, М. С. Никишанин, П. К. Сеначин // Горение топлива : теория, эксперимент, приложения. – 2015. – С. 63-63.
29. Парфенюк А. С. Предварительная подготовка дисперсной фазы бытовых отходов существующих свалок к утилизации / А. С. Парфенюк, А. И. Кутняшенко // Наукові праці ДонНТУ. Серія : Машинобудування і машинознавство. – 2015. – № 1 (12). – С. 105-111.
30. Іскович-Лотоцький Р. Д. Гідроімпульсний привод установки для вібраційного зневоднення вторинних продуктів харчових переробних виробництв / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх, О. В. Поліщук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 2. – С. 71-75.

31. Севостьянов І. В. Теоретичні основи процесів та обладнання для віброударного зневоднення відходів харчових виробництв : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.18.12 “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / І. В. Севостьянов. – К., 2013. – 43 с.

32. Патент України № 109036 U, МПК(2016.01) B65F 3/00. Гідропривід зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі / Березюк О. В.; заявник та патентовласник Березюк О. В. – u201601154; Заявл. 11.02.2016. Одерж. 10.08.2016, Бюл. № 15.

33. Березюк О. В. Шляхи підвищення ефективності пресування твердих побутових відходів у сміттєвозах / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : Науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – № 1 (6). – С. 111-114.

34. Березюк О. В. Привод зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі / О. В. Березюк // Вісник машинобудування та транспорту. – 2016. – № 2. – С. 14-18.

35. 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>.

36. 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>.

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 Chair of Life Safety and Safety Pedagogics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: berezyukoleg@i.ua.