

Докшина С.Ю., аспірантка
Бойченко С.В., д-р техн. наук, професор
Розен В.П., д-р техн. наук, професор
Шкільнюк І.О., канд. техн. наук
Куберський І.О., аспірант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

КОНЦЕПЦІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЧЕРЕЗ УТИЛІЗАЦІЮ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ І ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШИН

Накопичення неутилізованих пластикових відходів та зношених шин становлять велику загрозу для людства. Їх відходи забруднюють ґрунти та водойми, атмосферу, та становлять загрозу для здоров'я людей. Проблема полягає в тому, що пластик та зношені шини мають досить довгий термін розкладу, а їх переробка потребує значних економічних ресурсів та налагодженої екологістики. Окрім цього, внаслідок воєнних дій, енергетична та екологічна безпеки України знаходяться під загрозою. Одним з шляхів підвищення останніх, є утилізація небезпечного пластику та відпрацьованих шин хімічним шляхом, внаслідок чого можливо отримати паливо. Тому, у статті досліджено енергетичний потенціал отримання палива від відходів пластику та зношених шин в Україні. Отримані значення свідчать про те, що потенціал отримання палива в Україні від пластикових відходів та зношених шин досить великий. Налагодження екологістики пластику та зношених шин, сприяє забезпеченню енергоощадності їх використання, покращенню здоров'я людей та тварин, а також підвищенню енергетичної та екологічної безпеки України та економіки підприємств.

Ключові слова: паливо з пластику та зношених шин, енергетичний потенціал пластикових відходів, енергетичний потенціал зношених шин, енергоощадність використання пластику та зношених шин, збереження довкілля, енергетична безпека, екологічна безпека, екологістика.

Вступ. Пластикові відходи та відходи зношених шин становлять велику шкоду для людства. Вони мають тривалий час розкладу, забруднюють підземні та наземні води, ґрунти, викликають хвороби у людей та тварин. Попри потенційну небезпеку, що несуть ці неутилізовані відходи, їх кількість на нашій планеті щороку збільшується. Так, більше 8 млн тон пластику потрапляє до океанів щороку [1], а кількість зношених шин збільшується на 7 млн тон [2]. Пластик та зношені шини впродовж свого життєвого циклу підпорядковуються різним видам застосування. Деяку частину можливо переробити для отримання «другого життя», а з деякої частини можливо отримати паливо.

Внаслідок воєнного вторгнення, Україна опинилась у ситуації порушення енергетичної та екологічної безпеки. Україна вже пережила дефіцит палива навесні, зараз переживаємо дефіцит електроенергії. До того ж, досі залишається загроза ракетних атак по об'єктах інфраструктури. Нафтові заводи не виключення. Більше того, за словами Міністра захисту довкілля та природних ресурсів України Євгенія Федоренко, внаслідок воєнних дій в Україні утворилась величезна кількість відходів, що за масштабами більше ніж на всьому Європейському континенті з часів Другої Світової війни. Так, в Україні знищено більше 200 тисяч легкових та вантажних автомобілів, а внаслідок руйнувань будівель лише на територіях Київської, Сумської та Чернігівської областей утворилось 15,2 млрд тон відходів [3]. До того ж, масові пожежі ще більше порушують екологічну безпеку країни.

Темпи утворення пластикових відходів та зношених шин, їх шкода екосистемі Землі, а також енергетичні та екологічні загрози в Україні, вказують на гостру необхідність пошуків шляхів їх енергоощадного використання.

Матеріали та результати досліджень

Метою даної роботи є визначення енергетичного потенціалу перетворення неутилізованих пластикових відходів та зношених шин у паливо для підвищення енергетичної та екологічної безпеки України. Для досягнення визначеної мети постають наступні **завдання**: визначити коефіцієнти перетворення пластикових відходів та зношених шин у паливо, виконати пошук з наявних баз даних утвореної та переробленої кількості пластикових відходів та зношених шин в Україні, оцінити

накопичення залишків пластику та зношених шин в Україні за наявні роки, визначити енергетичний потенціал від переробки неутилізованого пластику та неутилізованих зношених шин для отримання палива. **Об'єктом** дослідження є пластикові відходи та зношені шини в Україні. **Предмет дослідження** – поводження з пластиковими відходами та зношеними шинами в Україні, їх залишок для отримання палива.

Енергетичний потенціал перетворення пластикових відходів та зношених шин у паливо

Існують різні технології перетворення пластику у паливо. Встановлено, що застосування піролізу є ефективним методом отримання палива [4]. Піроліз полімерних матеріалів проводиться за температури 400–500°C за обмеженого доступу повітря. Внаслідок піролізу виділяється вугілля, піролізний газ та нафта [5]. Залежно від типу пластику, що підлягає піролізу, можливо отримати від 30% до 95% палива. Це значить, що з 10 тон пластикових відходів, можливо отримати від 3 до 9,5 тон палива [6]. Отже, коефіцієнт перетворення пластику у паливо: $k_{pm} = 0,3 \dots 0,95$ в.о.

Так само як пластик, **зношені шини** також можуть слугувати джерелом отримання палива. У результаті піролізу зношених шин, утворюються речовини, близькі за складом до продуктів крекінгу нафти що є цінною хімічною та енергетичною сировиною. Піроліз зношених шин відбувається за відсутності або при обмеженому доступі кисню за температури 500–1000°C [5]. В залежності від типу шин, шляхом піролізу, можливо отримати від 30% до 45% палива [7], або від 33% до 47% , як стверджують [8]. Прийmemo за діапазони коефіцієнту перетворення зношених шин у паливо найменше та найбільше значення: $k_{un} = 0,3 \dots 0,47$ в.о.

Оцінка енергетичного потенціалу перетворення пластикових відходів в Україні у паливо

За даними статистичних довідників «Довкілля України» [9-19], було розглянуто кількість утвореного та утилізованого пластику за операціями утилізації, та додатково пораховано кількість утвореного пластику на початку року та накопичення неутилізованого пластику на кінець року. Розрахована кількість пластику, що утворилась у спеціально облаштованих звалищах за 2011-2020 роки становить 18,1 тис. тон, а отже, без налагодження екологістики неутилізованого пластику, вже можливо отримати від 5,43 до 17,2 тис тон палива.

Дані стосовно пластикових відходів, що наведені у джерелах Укрстат, мають неоднозначний характер. За період 2010-2020 роки [9-19], у 2011, 2013 та 2015 роках кількість утилізованого пластику перевищувала кількість утвореного за рік, а у 2016 році, з утворених 51,9 тис.т пластику, утилізовано 51,4 тис.т, що неможливо не сприймати позитивно. У період 2012-2016 років, накопичення неутилізованого пластику на кінець року йде на спад, але далі, кількість неутилізованого пластику щороку зростає. Починаючи з 2017го року, річне утворення пластику значно перевищує кількість утилізованого. Щорічні залишки пластику, починаючи від 2017 року, складають в середньому 31,3 тис. т, або 67% від утвореного за рік. Отже, щороку є можливість отримувати від 9,39 до 29,74 тис. тон моторного палива, що в середньому становить 19,56 тис. т.

За результатами лінійної регресії та розрахунку потенціалу палива за коефіцієнтом перетворення, відраховуючи з 2012 року, до 2030 року в Україні утвориться 458,5 тис. т неутилізованого пластику, з якого, при налагодженні екологістики, можливо отримати від 137,54 до 435,53 тис. т палива.

Оцінка енергетичного потенціалу перетворення зношених шин в Україні у паливо

За даними статистичних довідників «Довкілля України» [9-19], було розглянуто кількість утворених та утилізованих зношених шин за операціями утилізації, та додатково пораховано кількість утвореної кількості зношених шин на початку року та накопичення неутилізованих зношених шин на кінець року.

В середньому, в Україні щороку утворюється 26,7 тис.т зношених шин, з яких в середньому залишається 17,6 тис. т неутилізованих. При налагодженні екологістики, можливо отримувати від 5,27 до 8,26 тис. т палива щороку. Також, на кінець 2020го року на спеціально обладнаних звалищах утворилось 6,66 тис. т зношених шин. А це означає, що вже зараз, без налагодженої екологістики, можливо отримати від 1,99 до 3,13 тис. т палива, що в середньому становить 2,6 тис. т палива. За результатами лінійної регресії встановлено, що відраховуючи з 2010 року, до 2030 року в Україні утвориться 368,17 тис. т неутилізованих зношених шин, з котрих, при налагодженні екологістики,

можливо отримати від 110,45 до 173,04 тис. т палива.

Висновки

Результати проведених досліджень показали, що потенціал отримання палива від пластикових відходів та зношених шин досить великий. Вже наявний потенціал отримання палива від пластику та зношених шин, що утворились на спеціально облаштованих звалищах до кінця 2020 року становить в середньому 11,31 та 2,56 тис. т палива відповідно. Щорічний потенціал отримання палива від залишків пластикових відходів становить в середньому 19,56 тис.т палива, а від зношених шин – 6,77 тис. т палива. При налагодженні екологістики зі збору накопичених неутилізованих відходів пластику до 2030 року в середньому можливо отримати 275,07 тис.т палива, а від зношених шин – в середньому 143,59 тис. т палива. Знайдені значення потенціалу отримання палива від пластикових відходів та зношених шин вказують на доцільність налагодження екологістики збору та виробництва з перетворення цих відходів у паливо. Ці технологічні рішення сприятимуть підвищенню енергоощадності використання пластику та зношених шин, покращенню здоров'я людей та тварин, підвищенню енергетичної та екологічної безпеки України, а також економіки підприємств.

Список використаної літератури

1. R. Geyer, J. R. Jambeck, K. L. Law. Production, use, and fate of all plastics ever made. —*Science advance*. – 2019. – Vol 3, Issue 7. DOI: 10.1126/sciadv.1700782
2. Країна вживаних шин. Як впоратися з небезпечними відходами в Україні *Ecobusiness group*: веб-сайт. URL: <https://ecology-ua.com/news/krayina-vzhyvaniy-shyn-yak-vporatysya-z-nebezpechnymy-vidhodamy-v-ukrayini#:~:text=Загалом%20на%20планеті%20накопичилось%20до,звалищах%20або%20просто%20у%20дворах> (дата звернення: 28.10.2022)
3. Відходи війни в Україні вже набули таких масштабів, яких на Європейському континенті не існувало з часів Другої світової війни *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України* веб-сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/news/40301.html> (дата звернення: 11.11.2022)
4. Sushma P. Waste plastic oil as an alternative fuel for diesel engine. – *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* – 2018. – Volume 455: 012066
5. Основи енерготехнологій в екологістичному аспекті [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів освітніх ступенів «Бакалавр», «Магістр» за освітніми програмами «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем», «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Бойченко С. В., Максименко О. Е., Яковлева А. В., Хрутьба В. О., Зюзюк В. І., Данілін О. В. – Електронні текстові дані (1 файл: 6.33 МБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 229 с.
6. How much oil can be produced from 10 tons of waste plastic? *Henan doing environmental protection technology co., LTD*: веб-сайт. URL: http://www.bestpyrolysisplant.com/FAQ/Plastic_to_Fuel_Machine/how_much_oil_can_be_produced_from_10_tons_of_waste_plastic144.html (дата звернення: 28.10.2022)
7. How much oil can be obtained from 1 ton of waste tires? *Henan doing environmental protection technology co., LTD*: веб-сайт. URL: http://www.bestpyrolysisplant.com/FAQ/how_much_oil_can_be_obtained_from_1_ton_of_waste_tires_156.html (дата звернення: 01.11.2022)
8. Yaqoob, H.; Teoh, Y.H.; Sher, F.; Jamil, M.A.; Murtaza, D.; Al Qubeissi, M.; UI Hassan, M.; Mujtaba, M.A. Current Status and Potential of Tire Pyrolysis Oil Production as an Alternative Fuel in Developing Countries. *Sustainability* 2021, 13, 3214. <https://doi.org/10.3390/su13063214>
9. Довкілля України 2010: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2011. – 205 с.
10. Довкілля України 2011: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2012. – 195 с.
11. Довкілля України 2012: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2013. – 234 с.
12. Довкілля України 2013: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2014. – 223 с.
13. Довкілля України за 2014 рік: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2015. – 223 с.
14. Довкілля України за 2015 рік: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2016. – 242 с.
15. Довкілля України за 2016 рік: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2017. – 226 с.
16. Довкілля України за 2017 рік: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2018. – 225 с.
17. Довкілля України за 2018 рік: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2019. – 214 с.
18. Довкілля України 2019: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2020. – 200 с.
19. Довкілля України 2020: Статистичний збірник /Державна служба статистики України. – Київ, 2021. – 189 с.
20. Holistic approaches and advanced technologies in aviation product recycling. Yakovlieva, A., Boichenko, S., Kale, U., Nagy, A. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 2021, 93(8), pp. 1302–1312. <https://doi.org/10.1108/AEAT-03-2021-0068>
21. Ivan Bondarenko, Igor Dudar, Olha Yavorovska, Olha Ziuz, Sergii Boichenko, Ihor Kuberskyi, Iryna Shkilniuk, Bohdana Komarysta, Iryna Dzhygyrey, Vladyslav Bendiiuh. Devising the technology for localizing environmental pollution during fires at spontaneous landfills and testing it in the laboratory // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – № 6 (144). – P. 51–84. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.248252>
22. Boichenko, S., Yakovlieva, A., Kale, U., & Nagy, A. (2021). Analysis of technological potential for utilization of waste aviation lubricating materials. *Technology Audit and Production Reserves*, 2(158), 26–32. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.229673>