ПРОГНОЗУВАННЯ УТВОРЕННЯ ОБ'ЄМІВ ВІДХОДІВ У БУДІВНИЦТВІ

Стаднійчук М.Ю., аспірант
Вінницький національний технічний університет

Поруч із проблемою твердих побутових відходів (ТПВ) [1-7] важливою є проблема будівельних відходів (БВ), щорічний обсяг яких в Україні за даними Міністерства охорони навколишнього середовища складає майже 1 млн. т. Щорічний приріст площ, зайнятих відходами, складає 50 тис. га [8]. БВ можуть бути широко застосовані у будівництві для одержання таких цінних матеріалів: як наповнювач [9] та в'яжуче [10-12] для виробництва бетонів, сухих будівельних сумішей та інших будівельних матеріалів [13, 14], для виробництва будівельних матеріалів із захисними властивостями від електромагнітних випромінювань [15, 16] та статичної електрики [17], для виготовлення анодних заземлювачів [18]. Багато мінеральних та органічних відходів за своїм хімічним складом і технічними властивостями близькі до природної сировини. Перспективними також є використання дрібнодисперсних відходів металообробки для мінімізації об'ємів іммобілізованих рідких радіоактивних відходів [19]. У світовій практиці близько 90 % БВ підлягають переробці та повторному використанню. Тому прогнозування обсягів продукування БВ в різних країнах світу від основних параметрів впливу є актуальною науково-технічною задачею.

Шламозолокарбонатний прес-бетон, запропонований в роботі [9], складається з відходів каменерізання карбонатних порід, золи-виносу Ладижинської ТЕС, червоного шламу Миколаївського глиноземного заводу з добавкою портландцементу. В роботі [10] показано, що створення нових будівельних матеріалів поліфункціонального призначення дозволяє вирішити актуальну для України проблему енерго- та ресурсозбереження. Основним шляхом утилізації червоного шламу при виробництві будівельних матеріалів є його використання у якості модифікуючої добавки до золоцементного в'яжучого [11]. В роботі [12] запропоновано металозолофосфатне в'яжуче на основі відходів промисловості. Техніко-економічну доцільність більш широкого використання відходів ТЕС при виробництві цементу та інших будівельних матеріалів показано в роботі [13]. В статті [14] показано, що отримання бетонного щебеню, дрібнозернистих відсівів та їх повторне використання є заключною стадією замкненого циклу переробки бетонних і залізобетонних відходів – «зношення – вивезення – переробка – реалізація». Застосування бетел-м (бетон електропровідний металонасичений, який використовується спеціального покриття біологічного захисту від іонізуючих випромінювань всередині приміщень будівель і споруд) комірчастої, варіотропної і щільної структури дає можливість знизити рівень електромагнітних випромінювань і тим самим знизити небезпеку випромінювань [15]. Доцільність застосування дрібнодисперсних порошків шламів сталі ШХ-15 для виготовлення спеціального захисного покриття від електромагнітних випромінювань обґрунтовано в статті [16]. В роботі [17] запропоновано використовувати для боротьби з зарядами статичної електрики покриття із електропровідного бетону, технологія виготовлення якого досить

проста і не потребує дорогих матеріалів і спеціального устаткування. Бетел-м може використовуватись для виготовлення електропровідних елементів (анодних заземлювачів) систем антикорозійного катодного захисту підземних інженерних мереж [18-19]. Використання металонасиченого бетон в якості антистатичного покриття запропоновано в статтях [20-23]. В роботі [24] наведено статистичні дані щодо обсягів продукування БВ в різних країнах світу. В статті [25] визначено параметри впливу на шляхи поводження з ТПВ, для перевезення яких пропонуються сучасні сміттєвози з розширеними функціональними можливостями [26, 25]. В роботі [27] визначено регресійну залежність, що описує динаміку утворення маси відходів будівництва і знесення у Вінницькій області та дозволяє прогнозувати масу утворення цих відходів. Однак конкретних математичних залежностей обсягів продукування будівельних відходів в різних країнах світу від основних параметрів впливу, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

Серед параметрів, від яких залежать обсяги продукування БВ в різних країнах світу, розглядались такі: густота населення країни, ВВП на душу населення, індекс розвитку людського потенціалу, середня географічна широта країни.

Використовуючи планування експерименту за допомогою ротатабельного центрального композиційного планування другого порядку застосовуючи розроблене програмне забезпечення, що захищене свідоцтвом на твір [29], отримано рівняння регресії, яке обсяги продукування БВ в різних країнах світу від основних параметрів впливу і виглядає так [30-31]

$$\begin{aligned} m_{БВ} = {} & 437{,}8\,ВВП/n_н - 37{,}85\,n_н/S_{кр} - 2093ІРЛП + 128{,}3Ш - 0{,}02982\,n_н/S_{кр}\,ВВП/n_н + \\ & + 39{,}29\,n_н/S_{кр}\,ІРЛП - 446{,}4\,ВВП/n_н\,ІРЛП - 1{,}082\,ВВП/n_н\,Ш + 151{,}8ІРЛП \cdot Ш + \\ & + 0{,}004265\left(n_н/S_{кр}\right)^2 + 0{,}5797\left(ВВП/n_н\right)^2 + 597{,}1ІРЛП^2 - 2{,}283Ш^2 - 5106 \end{aligned}, \quad (1)$$

де $m_{БВ}$ – маса БВ на душу населення, кг/особу; $n_н/S_{кр}$ – густота населення, осіб/км^2; $ВВП/n_н$ – ВВП на душу населення, тис. \$/осіб; $n_н$ – кількість населення країни, осіб; $S_{кр}$ – площа території країни, км^2; $ІРЛП$ – індекс розвитку людського потенціалу ($ІРЛП$ = 0…1); $Ш$ – середня географічна широта, º пн. ш.

За критерієм Стьюдента виявлено: усі фактори, їхні парні ефекти взаємодії, крім nн/SкрШ, та квадратичні ефекти виявились значимими, найбільше обсяги продукування БВ в різних країнах світу залежать від ВВП на душу населення, а найменше – від індексу розвитку людського потенціалу.

Встановлено, що за критерієм Фішера гіпотезу про адекватність регресійної моделі (1) можна вважати правильною з 95%-ю достовірністю. Коефіцієнт кореляції склав 0,99475, що свідчить про достатню достовірність одержаних результатів.

Список літератури

1. Wójcik, Waldemar, and Małgorzata Pawłowska, eds. Biomass as Raw Material for the Production of Biofuels and Chemicals. Routledge, 2021
2. Kazachiner O. Theoretical and scientific foundations of pedagogy and education / O. Kazachiner, Y. Boychuk. – International Science Group, 2022. – 476 p

3. Lemeshev, M., O. Bereziuk, and K. Sivak. "Features of the use of industrial waste in the field of building materials." Scientific foundations in research in Engineering. 1.2: 25–32. (2022).
4. Лемішко, К. К. Жаростійке в'яжуче з використанням відходів промисловості. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 2019.
5. Lemeshev, M., O. Khrystych, and D. Cherepakha. "Perspective direction of recycling of industrial waste in the technology of production of building materials." (2020).
6. Березюк, О. В., et al. "Перспективи використання техногенної сировини при виробництві композиційних в'яжучих." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві.№ 2: 36-45. (2022).
7. Христич, О. В., & Лемішко, К. К. (2019). Екологічно ефективні будівельні матеріали для тепломодернізації будівель. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 27(2), 52-61.
8. Lemeshev, M., D. Cherepakha. "Perspective uses of industrial waste in the production of building materials." Scientific foundations of modern engineering: 205–210. (2019).
9. Березюк О.В. Визначення параметрів машин для поводження з твердими відходами : монографія /О.В. Березюк, М.С. Лемешев // Omni Scriptum Publishing Group, 2020. – 61 с.
10. Лемешев М.С. В'яжуче на основі промислових відходів // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2017: матер. междунар. научно-практ. Интернет-конф., 10-17 октября 2017 г. SWorld, 2017.
11. Чанхао, Ю. О. Особливості поводження з твердими побутовими відходами в Китаї. Одеська національна академія харчових технологій, 2018
12. Лемешев, М. С., М. Ю. Стаднийчук "Жаростойкое вяжущее на основе промышленных отходов." Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: 168-171. (2019).
13. Lemeshev M.S., Sivak K.K., Stadniychuk M.Yu. [Features of use of industrial technogenic waste in the field of building materials]. Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstruktsiyi v budivnytstvi. [Modern technologies, materials and structures in construction]. 2021. 29 (2). pp. 24–34. DOI: 10.31649/2311-1429-2020-2-24-34
14. Стаднійчук, М. Ю. Електротехнічний бетон для захисту від статичної електрики. ВНТУ, 2019
15. Лемешев, М. С. "Формування структури електропровідного бетону під впливом електричного струму." Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науково-технічний збірник.– Вінниця: УНІВЕРСУМ (2006): 36-41.
16. Стаднійчук, М. Ю. Спеціальні композиційні покриття для захисту металевих конструкцій під час пожежі. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2022.
17. Лемешев, М. С. "Розробка радіозахисних будівельних матеріалів для захисту від електромагнітного випромінювання." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: ВНТУ, 2006, 244-250
18. Березюк, О. В.. "Антистатичні покриття із електропровідного бетону." Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві.№ 2: 26-30. (2017).
19. Лемешев М.С. Металлонасыщенные бетоны для защиты от электромагнитного излучения // Вісник ОДАБА. 2013. № 33. С. 253-256.
20. Христич О.В. Технологічні особливості формування електротехнічних властивостей електропровідних бетонів // Мир науки и инноваций. 2015. № 1 (1). Т. 10. С. 74-78.
21. Лемешев, М. С. "Антистатичні покриття із бетелу-м." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: 217-223. (2004).
22. Сердюк, В. Р., et al. "Строительные материалы и изделия для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона." Строительные материалы и изделия 4 (2005): 8-12
23. Лемешев М.С. Електропровідні бетони для захисту від статичної електрики // Перспективні досягнення сучасних вчених: матер. наук. симп., 19-20 вер. 2017 р. Одеса.
24. Березюк О.В., Лемешев М.С., Березюк Л.Л., Віштак І.В. Моделювання динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час весняного компостування // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2015. № 1. С. 29-33.
25. Березюк, О. В. "Математичне моделювання прогнозування обсягів продукування будівельних відходів в різних країнах світу." Вісник Вінницького політехнічного інституту.№ 3: 41-46. (2021).
26. Березюк О.В., Лемешев М.С. Динаміка поширеності методів спалювання твердих побутових відходів в Україні // Вісник ВПІ. 2022. № 1. С. 6-10.
27. Березюк О. В. Математичне моделювання прогнозування обсягів продукування будівельних відходів в різних країнах світу // Вісник ВПІ. 2021. № 3. С. 41-46.
28. Березюк О. В., Лемешев М. С. «Динаміка поширеності переробки та утилізації твердих побутових відходів у Вінницькій області,» Вісник Вінницького політехнічного інституту, № 3, с. 6-10. 2022.
29. Березюк О.В., Лемешев М.С. Динаміка утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області // Вісник ВПІ. 2021. № 1. С. 37-41.
30. Березюк О. В. Регресія площі полігону твердих побутових відходів для видобування звалищного газу. Мир науки и инноваций. 2015. Вып. 1. Т. 5. С. 48-51
31. Березюк О. В. Регресія кількості сміттєспалювальних заводів / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // Сборник научных трудов SWorld. – Иваново : МАРКОВА АД, 2015. – Выпуск 1 (38). Том 2. Технические науки. – С. 63-66.