

ДИНАМІКА УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ БУДІВНИЦТВА І ЗНЕСЕННЯ У ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ

¹Вінницький національний технічний університет

Тверді промислові відходи можуть бути широко застосовані у будівництві для одержання таких цінних матеріалів як: наповнювач та в'язуче для виробництва бетонів, сухих будівельних сумішей та інших будівельних матеріалів, для виробництва будівельних матеріалів із захисними властивостями від електромагнітних випромінювань та статичної електрики, для виготовлення анодних заземлювачів тощо. Тому визначення регресійної залежності, що описує динаміку утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області для вирішення проблеми поводження з твердими промисловими відходами, є актуальною науково-технічною задачею. Метою дослідження є визначення за допомогою регресійного аналізу залежності, що описує динаміку утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області для вирішення проблеми поводження з твердими промисловими відходами. Під час дослідження використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей з вибором кращого виду функції з 16 найпоширеніших варіантів за критерієм максимального коефіцієнта кореляції. Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівняння регресії здійснювалось методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір. Отримано адекватну регресійну залежність, що описує динаміку утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області. Побудовано графічну залежність, що описує динаміку утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області та дозволяє наочно проілюструвати цю динаміку, показати достатню збіжність теоретичних та фактичних результатів. Встановлено, що у Вінницькій області протягом 2014—2018 рр. утворення маси відходів будівництва і знесення спадало гіперболічно. Спрогнозовано утворення такої маси відходів будівництва і знесення у Вінницькій області: у 2025 році — 331 т, а у 2030 році — 223 т.

Ключові слова: динаміка, утворення відходів, відходи будівництва і знесення, тверді промислові відходи, регресійний аналіз.

Вступ

Поряд з проблемою твердих побутових відходів [1]—[7] важливою є проблема твердих промислових відходів, щорічний об'єм яких в Україні за даними Міністерства охорони навколишнього середовища складає 175 млн м³. Під твердими промисловими відходами розуміють непридатні для виробництва певної продукції види сировини, її залишки, які не вживаються, або речовини, що виникають в результаті технологічних процесів, які не підлягають утилізації у цьому виробництві. На таку групу припадає 90 % обсягу твердих промислових відходів. Тому тверді промислові відходи є одним із основних джерел антропогенного забруднення навколишнього середовища в глобальному масштабі. Вони виникають як невідворотний результат споживацького відношення і неприйнятно низького коефіцієнта використання ресурсів. Наприклад, у колишньому СРСР щорічно кольорова металургія видобувала близько 2 млрд т гірських порід, а товарна продукція з них складала лише близько 1 %. В Україні у відходи потрапляють майже 80...85 % або 20...30 млрд т переробленої сировини з щорічним її приростом в межах до 2 млрд т у гірничодобувній, металургійній, хімічній та паливно-енергетичній галузях. З них понад 200 млн т складають токсичні та інші небезпечні відходи. Щорічний приріст площ, зайнятих відходами, складає 50 тис. гектарів [8]. Разом з тим тверді промислові відходи можуть бути широко застосовані у будівництві для одержання таких цінних матеріалів: як наповнювач [9] та в'язуче [10]—[12] для виробництва бетонів, сухих будівельних сумішей та інших будівельних матеріалів [13], [14], для виробництва будівель-

них матеріалів із захисними властивостями від електромагнітних випромінювань [15], [16] та статичної електрики [17], для виготовлення анодних заземлювачів [18]. Це пояснюється тим, що 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]. Взагалі у світовій практиці близько 90 % відходів будівництва підлягають переробці та повторному використанню. Тому визначення регресійної залежності, що описує динаміку утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області для вирішення проблеми поводження з твердими промисловими відходами є актуальною науково-технічною задачею.

Запропонований в роботі [9] шламосолокарбонатний прес-бетон складається з відходів каменерізання карбонатних порід, золи-виносу Ладижинської ТЕС, червоного шламу Николаївського глиноземного заводу з добавкою портландцементу. В роботі [10] показано, що отримання фосфогіпсозолоцементних та металофосфатних в'язучих на основі відходів хімічної промисловості і металообробних виробництв дозволяють вирішити актуальну для України проблему енерго- та ресурсозбереження шляхом створення нових будівельних матеріалів поліфункціонального призначення. В результаті виконаних досліджень, описаних в роботі [11], отримано металофосфатне в'язуче на основі відходів промисловості. В статті [12] виявлено, що основним шляхом утилізації червоного шламу у виробництві будівельних матеріалів є його використання у якості модифікуючої добавки до золоцементного в'язучого. В роботі [13] показано техніко-економічну доцільність ширшого використання відходів ТЕС у виробництві цементу та інших будівельних матеріалів. В статті [14] зазначено, що отримання бетонного щебеню, дрібнозернистих відсівів та їх повторне використання є заключною стадією замкненого циклу переробки бетонних і залізобетонних відходів «зношення – вивезення – переробка – реалізація». В роботі [15] виявлено, що застосування бетелу-м (бетону електропровідного металонасиченого, який використовується як спеціальне 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. В статті [16] обґрунтовано доцільність застосування дрібнодисперсних порошків шламу сталі ШХ-15 для виготовлення спеціального захисного покриття від електромагнітних випромінювань. В роботі [17] запропоновано використовувати для боротьби із зарядами статичної електрики покриття з електропровідного бетону, технологія виготовлення якого досить проста і не потребує дорогих матеріалів і спеціального устаткування. Автори роботи [18] стверджують, що бетел-м може використовуватись для виготовлення електропровідних елементів (анодних заземлювачів) систем антикорозійного катодного захисту підземних інженерних мереж. В статті [19] обґрунтовано доцільність проведення робіт з розробки нового виду матричних матеріалів на основі бетелу-м для іммобілізації рідких токсичних відходів. Однак конкретних математичних залежностей, що описують динаміку утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

Метою дослідження є визначення за допомогою регресійного аналізу залежності, яка описує динаміку утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області для вирішення проблеми поводження з твердими промисловими відходами.

Результати досліджень

В табл. 1 подано статистичні дані щодо утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області в різні роки [20]. Спадання обсягів утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області в 2014—2018 роках пояснюється зниженням обсягів будівельного виробництва.

Таблиця 1

Статистичні дані щодо утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області в різні роки

Рік	2014	2015	2016	2017	2018
Утворено, тонн	4400	1900	1800	1400	400

На основі даних табл. 1 планувалось отримати математичні моделі у вигляді парної регресійної залежності утворення маси відходів будівництва і знесення у Вінницькій області.

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Для дослідження використано метод регресійного аналізу результатів од-

нофакторних експериментів та інших парних залежностей з вибором кращого виду функції із 16 найпоширеніших варіантів за критерієм максимального значення коефіцієнта кореляції зі збереженням результатів в форматі MS Excel та Vitmar. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір [21] і детально описана в роботі [22].

Результати регресійного аналізу подані в табл. 2, де сірим кольором позначено комірку з максимальним значенням коефіцієнта кореляції R .

Таблиця 2

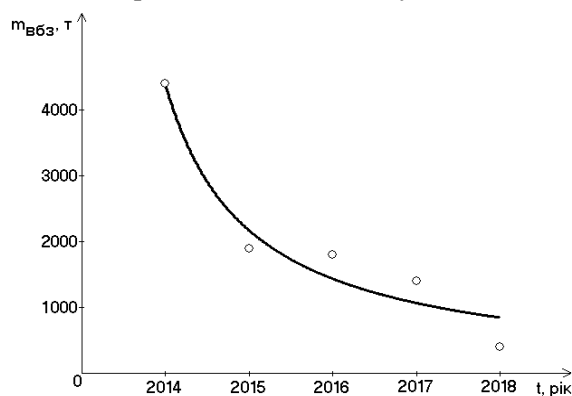
Результати регресійного аналізу динаміки утворення маси відходів будівництва і знесення у Вінницькій області

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,90983	9	$y = ax^b$	0,89008
2	$y = 1/(a + bx)$	0,82333	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,95877
3	$y = a + b/x$	0,96993	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,95877
4	$y = x/(a + bx)$	0,82771	12	$y = a/(b + x)$	0,82333
5	$y = ab^x$	0,93184	13	$y = ax/(b + x)$	0,60325
6	$y = ae^{bx}$	0,93184	14	$y = ae^{b/x}$	0,82448
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,93184	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,82448
8	$y = 1/(a + be^{-x})$	0,57037	16	$y = a + bx^n$	0,84538

Отже, за результатами регресійного аналізу на основі даних табл. 1, як найадекватнішу остаточно прийнято таку регресійну модель:

$$m_{\text{ВБЗ}} = \frac{4417}{t - 2013} - 37,02, \text{ т}, \quad (1)$$

де $m_{\text{ВБЗ}}$ — річна маса відходів будівництва і знесення у Вінницькій області, т; t — рік.



Залежність, що описує динаміку утворення маси відходів будівництва і знесення у Вінницькій області:

○ — фактичну; — — теоретичну

На рисунку показано графічну залежність, що описує динаміку утворення маси відходів будівництва і знесення у Вінницькій області, побудовану за допомогою рівняння регресії (1), що підтверджує визначену раніше достатню збіжність отриманої теоретичної залежності з даними, наведеними в роботі [20].

Аналіз графічної залежності на рис. показав, що у Вінницькій області протягом 2014—2018 рр. утворення маси відходів будівництва і знесення спадало гіперболічно.

Використовуючи залежність (1) можна спрогнозувати масу утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області у 2025 році — 331 т, а у 2030 році вона становитиме 223 т.

Висновки

1. Визначено регресійну залежність, що описує динаміку утворення маси відходів будівництва і знесення у Вінницькій області та дозволяє прогнозувати масу утворення цих відходів, що необхідно для вирішення проблеми поводження з твердими промисловими відходами.

2. Побудовано графічну залежність, яка описує динаміку утворення маси відходів будівництва і знесення у Вінницькій області та дозволяє наочно проілюструвати цю динаміку, показати достатню збіжність теоретичних та фактичних результатів.

3. Встановлено, що у Вінницькій області протягом 2014—2018 рр. утворення маси відходів будівництва і знесення спадало гіперболічно.

4. Спрогнозовано таку масу утворення відходів будівництва і знесення у Вінницькій області у 2025 році — 331 т, а у 2030 році — 223 т.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] O. Berezyuk, and V. Savulyak, «Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart.» *Technical Sciences*, no. 20 (3), 2017, pp. 259-273.
- [2] В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський, Н. П. Попович, і М. А. Панасюк, «Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто-сміттєзвалище",» *Науковий вісник НЛТУ України*, т. 27, № 10, с. 111-116, 2017.
- [3] O. V. Bereziuk, M. S. Lemeshev, V. V. Bohachuk, and M. Duk, «Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3,» *Proc. SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018*, vol. 10808, no. 108083G, 2018, <https://doi.org/10.1117/12.2501557>.
- [4] В. І. Савуляк, і О. В. Березюк, *Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів*, моногр. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2006, 217 с.
- [5] О. В. Березюк, «Експериментальне дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 5, с. 18-24, 2018. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2018-140-5-18-24>.
- [6] O. V. Berezyuk, and V. I. Savulyak, «Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities,» *TEHNOMUS – New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies*, no 22, pp. 345-351, 2015.
- [7] O. Bereziuk, M. Lemeshev, V. Bogachuk, W. Wójcik, K. Nurseitova, and A. Bugubayeva, «Ultrasonic microcontroller device for distance measuring between dustcart and container of municipal solid wastes,» *Przegląd Elektrotechniczny*, no. 4, pp. 146-150, 2019. <http://dx.doi.org/10.15199/48.2019.04.26>.
- [8] І. В. Коц, і О. В. Березюк, «Вібраційний гідропривод для пресування промислових відходів,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 5, с. 146-149, 2006.
- [9] В. П. Ковальський, і А. В. Бондарь, «Шламозолотокarbonатний прес-бетон на основі відходів промисловості,» на *XXIV Міжнар. наук.-практ. конф. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*, Харків, 2015, с. 209.
- [10] М. С. Лемешев, «В'язучі з використанням промислових відходів Вінниччини,» на *XXIV Міжнар. наук.-практ. конф. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*, Харків, 2016, с. 381.
- [11] М. С. Лемешев, «В'язуче на основі промислових відходів» на *Международ. науч.-практ. Интернет-конф. Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2017*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/18481/statya_doclad_oct%20.doc.
- [12] В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, і А. В. Бондар, «Обгрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей,» *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*, вип. 26, с. 186-193, 2013.
- [13] В. П. Ковальський, і О. С. Сідлак, «Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах,» *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві*, № 1 (16), с. 35-40, 2014.
- [14] О. Р. Попович, Я. М. Захарко, і М. С. Мальований, «Проблеми утилізації та переробки будівельних відходів,» *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва*, вип. 755, с. 321-324, 2013.
- [15] М. С. Лемешев, і А. В. Христич, «Электротехнические материалы для защиты от электромагнитного загрязнения окружающей среды,» на *4-й Международ. науч.-практ. конф. Инновационное развитие территорий*, Череповец, 2016, с. 78-83.
- [16] М. С. Лемешев, «Металлонасыщенные бетоны для защиты от электромагнитного излучения,» *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, № 33, с. 253-256, 2013.
- [17] М. С. Лемешев, «Электропроводні бетоны для захисту від статичної електрики,» на *наук. симпоз. Перспективні досягнення сучасних вчених*, Одеса, 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.sworld.education/index.php/ru/c217-14/29403-%D1%81217-032>.
- [18] М. С. Лемешев, і О. В. Березюк, «Електротехнічний бетон для виготовлення анодних заземлювачів,» на *Міжнародній. наук.-практ. Интернет-конференції. Интеллектуальный потенциал XXI столетия '2017*, Одеса, 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.sworld.education/index.php/ru/arts-architecture-and-construction-u7-317/modern-construction-technologies-u7-317/29688>.
- [19] В. Р. Сердюк, і О. В. Христич, «Використання Бетелу-М для іммобілізації рідких радіоактивних відходів,» *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, № 1 (5), с. 50-54, 2008.
- [20] Вінницька обласна державна адміністрація (2018, Берез. 15). *Регіональний план управління відходами Вінницької області на період до 2030 року*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.vin.gov.ua/images/UPRTER/oholoshennia/20200715_2.pdf.
- [21] О. В. Березюк, «Комп'ютерна програма "Планування експерименту" ("PlanExp"),» *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 46876*, Київ: Державна служба інтелектуальної власності України, дата реєстрації: 21.12.2012.
- [22] О. В. Березюк, «Определение регрессии коэффициента уплотнения твердых бытовых отходов от высоты полигона на основе компьютерной программы "RegAnaliz",» *Автоматизированные технологии и производства*, № 2 (8), с. 43-45, 2015.

Рекомендована кафедрою будівництва, міського господарства та архітектури ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 19.02.2021

Березюк Олег Володимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, e-mail: berezyukoleg@i.ua ;

Лемешев Михайло Степанович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. V. Bereziuk¹
M. S. Lemeshev¹

Dynamics of Construction and Demolition Waste Generation in Vinnytsia Region

¹Vinnytsia National Technical University

Solid industrial waste can be widely used in construction to obtain such valuable materials: as a filler and binder for the production of concrete, dry building mixtures and other building materials, for the production of building materials with protective properties against electromagnetic radiation and static electricity, for the manufacture anode earthing switches, etc. Therefore, the determination of the regression dependence describing the dynamics of the generation of construction and demolition waste in Vinnytsia region to solve the problem of solid industrial waste management is an urgent scientific and technical problem. The aim of the study is to determine, using regression analysis, the dependence that describes the dynamics of construction and demolition waste generation in Vinnytsia region to solve the problem of solid industrial waste management. The study used the method of regression analysis of the results of one-factor experiments and other paired dependencies with the choice of the best type of function from the 16 most common options according to the criterion of the maximum correlation coefficient. The regression was carried out on the basis of linearizing transformations, allowing reducing the nonlinear dependence to linear. The determination of the coefficients of the regression equation was carried out by the least squares method using the developed computer program "RegAnaliz", protected by a certificate of registration of copyright for the work. Adequate regression dependence was obtained that describes the dynamics of construction and demolition waste generation in Vinnytsia region. A graphical relationship has been built that describes the dynamics of construction and demolition waste generation in Vinnytsia region and allows to visually illustrate this dynamics, to show sufficient convergence of theoretical and actual results. It was found that in Vinnytsia region during the period of 2014—2018 the formation of a mass of waste from construction and demolition decreased hyperbolically. Such a mass of construction and demolition waste generation in Vinnytsia region in 2025 is predicted — 331 tons, and in 2030 — 223 tons.

Keywords: dynamics, waste generation, construction and demolition waste, industrial solid waste, regression analysis.

Bereziuk Oleh V. — Cand. Sc. (Eng.), Associated Professor, Associated Professor of the Chair of Security of Life and Pedagogic of Security, e-mail: berezyukoleg@i.ua ;

Lemeshev Mykhailo S. — Cand. Sc. (Eng.), Associated Professor, Associated Professor of the Chair of Construction, Urban Economy and Architecture

O. V. Березюк¹
M. C. Лемешев¹

Динамика образования отходов строительства и сноса в Винницкой области

¹Вінницький національний технічний університет

Твердые промышленные отходы могут быть широко применены в строительстве для получения таких ценных материалов: в качестве наполнителя и вяжущего для производства бетонов, сухих строительных смесей и других строительных материалов, для производства строительных материалов с защитными свойствами от электромагнитных излучений и статического электричества, для изготовления анодных заземлителей и т.п. Поэтому определение регрессионной зависимости, описывающей динамику образования отходов строительства и сноса в Винницкой области для решения проблемы обращения с твердыми промышленными отходами является актуальной научно-технической задачей. Целью исследования является определение с помощью регрессионного анализа зависимости, описывающей динамику образования отходов строительства и сноса в Винницкой области для решения проблемы обращения с твердыми промышленными отходами. В исследовании использован метод регрессионного анализа результатов однофакторных экспериментов и других парных зависимостей с выбором лучшего вида функции из 16 наиболее распространенных вариантов по критерию максимального коэффициента корреляции. Регрессия проводилась на основе линеаризирующих преобразований, позволяющих свести нелинейную зависимость к линейной. Определение коэффициентов уравнения регрессии осуществлялось методом наименьших квадратов с помощью разработанной компьютерной программы "RegAnaliz", защищенную свидетельством о регистрации авторского права на произведение. Получена адекватная регрессионная зависимость, описывающая динамику образования отходов строительства и сноса в Винницкой области. Построена графическая зависимость, описывающая динамику образования отходов строительства и сноса в Винницкой области, позволяющая наглядно проиллюстрировать эту динамику, показать достаточное совпадение теоретических и фактических результатов. Установлено, что в Винницкой области на протяжении 2014—2018 гг. образование массы отходов строительства и сноса убывало гиперболически. Спрогнозировано образование такой массы отходов строительства и сноса в Винницкой области: в 2025 году — 331 т, а в 2030 году — 223 т.

Ключевые слова: динамика, образование отходов, отходы строительства и сноса, твердые промышленные отходы, регрессионный анализ.

Березюк Олег Владимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и педагогики безопасности, e-mail: berezyukoleg@i.ua ;

Лемешев Михаил Степанович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры