

УДК 628.4.037:628.4.08

О. В. Березюк, д. т. н., доц.; І. В. Віштак, к. т. н., доц.; М. С. Лемешев, к. т. н., доц.

ДИНАМІКА ЗРОСТАННЯ ОБСЯГІВ УТВОРЕННЯ МЕТАЛОБРУХТУ В УКРАЇНІ

Тверді промислові відходи, зокрема відходи металообробки, можуть бути широко застосовані у будівництві для одержання цінних матеріалів: для виробництва будівельних матеріалів із захисними властивостями від електромагнітних випромінювань та статичної електрики, для виготовлення анодних заземлювачів тощо. Тому визначення регресійної залежності, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні є актуальною науково-технічною задачею. Метою дослідження є визначення регресійної залежності, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні та може бути використана під час прогнозування таких обсягів. Під час проведення дослідження використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором раціонального виду функції із шістнадцяти найпоширеніших варіантів за критерієм максимального значення коефіцієнта кореляції. Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної.

Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір. Отримано адекватну регресійну степеневу залежність, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні та може бути використана під час прогнозування таких обсягів. Побудовано графічну залежність, що описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні та дозволяє наочно проілюструвати цю динаміку та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними даними. Встановлено, що в Україні протягом 2017 – 2020 рр. обсяги утворення металобрухту зростали за гіперболічною залежністю. Використовуючи отриману залежність спрогнозовано, що обсяги утворення металобрухту в Україні в 2030 році, за наявних темпів зростання, збільшаться до 1132 тисяч тон.

Ключові слова: динаміка, зростання обсягів утворення, тверді промислові відходи, металобрухт, регресійний аналіз.

Вступ

На противагу твердим побутовим відходам в Україні, які в основному, захоронюють на полігонах та сміттєзвалищах, забруднюючи навколишнє середовище [1 – 5], тверді промислові відходи порівняно легко підлягають переробці [6 – 10]. До твердих промислових відходів відносять 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 цю 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 споживчого відношення і неприйнятно низького коефіцієнта використання ресурсів. Наприклад, у колишньому СРСР щорічно кольорова металургія видобувала близько 2 млрд. т. гірських порід, а товарна продукція із них складала лише близько 1 %. В Україні у відходи потрапляють майже 80 - 85 % або 20 – 30 млрд. т. переробленої сировини із 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 [11]. Поряд із тим тверді промислові відходи, зокрема відходи

металообробки, можуть бути широко застосовані у будівництві для одержання цінних матеріалів: для виробництва будівельних матеріалів із захисними властивостями від електромагнітних випромінювань [12, 13] та статичної електрики [14], для виготовлення анодних заземлювачів [15]. 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 [16].

Постановка проблеми

В законі України від 28 лютого 2019 року № 2697-VIII “Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року” серед завдань стратегії зазначено повернення у господарський обіг ресурсоцінних матеріалів [17]. Тому визначення регресійної залежності, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні і може бути використана під час прогнозування таких обсягів, є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Робота [18] присвячена проблемі дефіциту брухту чорних металів на внутрішньому ринку України, однією із причин якої стало те, що українським заготівельникам в останні роки було вигідніше продавати брухт за кордон, оскільки експортні ціни були вищими. В статті [19] розкрито, а також узагальнено основні передумови запровадження такого механізму правового регулювання експорту металобрухту, як підвищення вивізного мита для ліквідації дефіциту цієї сировини на внутрішньому ринку та сприяння розвитку національної економіки. Досліджено ефекти від впровадження підвищеного мита на експорт металобрухту, зокрема його вплив на виробництво, робочі місця, податкові надходження. Представлено результати економіко-математичного моделювання результатів збереження підвищеної ставки експортного мита на металобрухт в середньостроковій перспективі. Обґрунтовано економіко-правову легітимність запровадження Україною підвищеного мита на експорт брухту чорних металів та доцільність його подальшого збереження.

В роботі [7] 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, наведених в статті [20], отримано металозолофосфатне в'язуче на основі відходів промисловості.

В роботі [12] виявлено, що застосування бетел-м (бетон електропровідний металонасичений, який використовується для 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. В статті [13] обґрунтовано доцільність застосування дрібнодисперсних порошоків шламів сталі ШХ-15 для виготовлення спеціального захисного покриття від електромагнітних випромінювань. В роботі [14] 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. Автори роботи [15] стверджують, що бетел-м може використовуватись для виготовлення електропровідних елементів (анодних заземлювачів) систем антикорозійного катодного захисту підземних інженерних мереж. В статті [16] обґрунтовано доцільність проведення робіт з розробки нового виду матричних матеріалів на основі бетелу-м для іммобілізації рідких токсичних відходів.

В роботі [21] наведено статистичні дані щодо утворення відходів за класифікаційними угрупованнями державного класифікатора відходів в Україні, зокрема зростання обсягів утворення металобрухту в 2017 – 2020 роки. Однак конкретних математичних залежностей, що описують динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є побудова за допомогою регресійного аналізу регресійної залежності, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні та може бути використана під час прогнозування таких обсягів.

Методи і матеріали

Для визначення регресійної залежності, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні використано такі методи: регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей, комп'ютерне моделювання.

Результати досліджень

У таблиці 1 показана динаміка зростання обсягів утворення металобрухту в Україні в 2017 - 2020 рр. за даними Держстату України [21]. На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парну регресійну залежність, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні.

Таблиця 1

Статистика обсягів утворення металобрухту в Україні [21]

Рік	2017	2018	2019	2020
Обсяги утворення металобрухту в Україні, тис. т	548,3	733,3	881,3	931,4

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів [22] за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz" [23], яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір, і детально описана в роботах [24, 25].

Програма "RegAnaliz" дозволяє проводити регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором раціонального виду функції із 16-ти найпоширеніших варіантів за критерієм максимального коефіцієнту кореляції зі збереженням результатів в форматі MS Excel та Bitmap.

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

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу динаміки зростання обсягів утворення металобрухту в Україні

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,97302	9	$y = ax^b$	0,99457
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,94069	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,99609
3	$y = a + b / x$	0,98025	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,99609
4	$y = x / (a + bx)$	0,99851	12	$y = a / (b + x)$	0,94069
5	$y = ab^x$	0,95862	13	$y = ax / (b + x)$	0,99712
6	$y = ae^{bx}$	0,95862	14	$y = ae^{b/x}$	0,99102
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,95862	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,99102
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,99813	16	$y = a + bx^n$	0,91800

Отже, за результатами регресійного аналізу на основі даних таблиці 1, як найбільш, адекватну остаточно прийнято таку регресійну залежність

$$m_{MB} = \frac{t - 2016}{0,00104 + 8,089 \cdot 10^{-4} (t - 2016)} \text{ [тис. т]}, \quad (1)$$

де m_{MB} – обсяги утворення металобрухту в Україні, тис. т; t – рік.

На рис. 1 показано фактичну та теоретичну графічні залежності, які описують динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні.

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретична динаміка зростання обсягів утворення металобрухту в Україні, розрахована за допомогою рівняння регресії (1), несуттєво відрізняється від даних, наведених в роботах [21], що підтверджує визначену раніше достатню точність отриманої залежності.

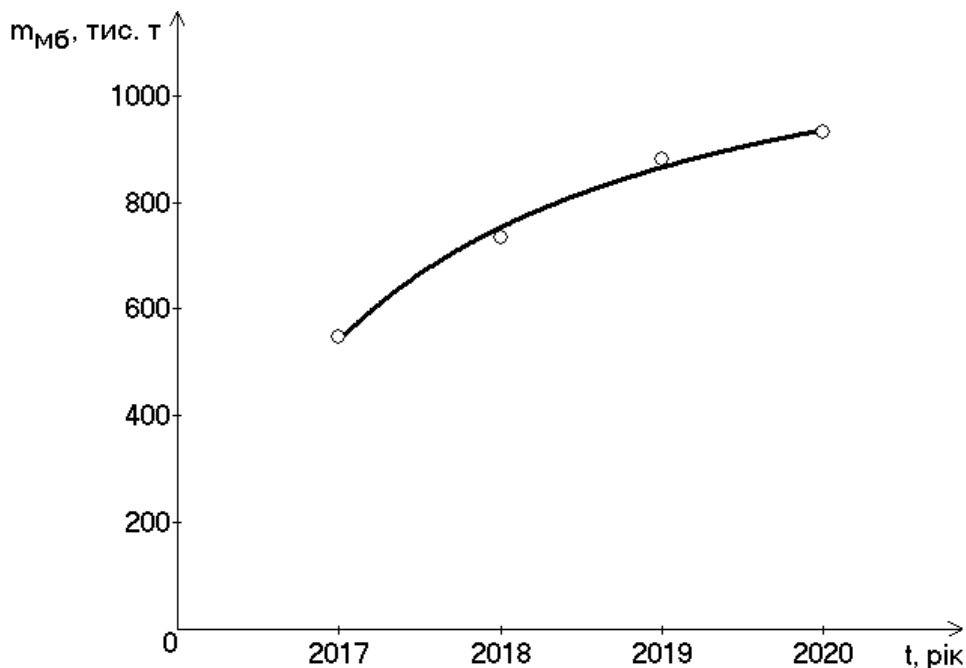


Рис. 1. Залежність, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні протягом 2017 - 2020 рр.: фактична \circ , теоретична —

Використовуючи залежність (1), можна спрогнозувати, що обсяги утворення металобрухту в Україні в 2030 році, за наявних темпів зростання, збільшаться до 1132 тис. т.

Висновки

1. Визначено регресійну залежність, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні та може бути використані під час прогнозування таких обсягів.
2. Побудовано графічну залежність, що описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні та дозволяє наочно проілюструвати цю динаміку та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними.
3. Встановлено, що в Україні протягом 2017 – 2020 рр. обсяги утворення металобрухту зростали за гіперболічною залежністю.
4. Спрогнозовано, що обсяги утворення металобрухту в Україні в 2030 році, за наявних темпів зростання, збільшаться до 1132 тис. т.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
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 – New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies*. – Suceava, Romania, 2015. – № 22. – P. 345 – 351.
3. Березюк О. В. Визначення параметрів впливу на шляхи поведінки з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк // *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : Науково-технічний збірник*. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. – № 2 (10). – С. 64 – 66.
4. 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*. – 2017. – № 20 (3). – P. 259 - 273.
5. Березюк О. В. Методика инженерных расчётов параметров навесного подметального оборудования экологической машины на основе мусоровоза / О. В. Березюк // *Современные проблемы транспортного комплекса России*. – Магнитогорск, 2016. – № 2. – С. 39 – 45.
6. Ковальський В. П. Шламозолокарбонатний прес-бетон на основі відходів промисловості / В. П. Ковальський, А. В. Бондар // *Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції, Харків, 18 – 20 травня 2015 р.* – Харків, НТУ "ХПІ", 2015. – С. 209.
7. Лемешев М. С. В'яжучі з використанням промислових відходів Вінниччини / М. С. Лемешев // *Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я", Харків, 18 – 20 травня 2016 р.* – Харків : НТУ "ХПІ". – С. 381.
8. Очеретний В. П. Використання відходів вапняку та промислових відходів у виробництві сухих будівельних сумішей / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, А. В. Бондар // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. – 2009. – № 1. – С. 36 – 40.
9. Лемішко К. К. Використання промислових відходів енергетичної та хімічної галузі в технології виготовлення будівельних виробів / К. К. Лемішко, М. Ю. Стаднійчук, М. С. Лемешев // *Матеріали науково-практичної конференції "Енергія. Бізнес. Комфорт", 26 грудня 2018 р.* – Одеса : ОНАХТ, 2019. – С. 23 – 25.
10. В'яжуче на основі промислових відходів / М. С. Лемешев // *Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2017 : материалы международной научно-практической Интернет-конференции, 10 – 17 октября 2017 г.* – Москва (Россия) : SWorld, 2017. – 6 с. – Режим доступа : <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/artsarchitecture-and-construction-317/modern-construction-technologies-317/29547-317-027>.
11. Коц І. В. Вібраційний гідропривод для пресування промислових відходів / І. В. Коц, О. В. Березюк // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2006. – № 5. – С. 146 – 149.
12. Лемешев М. С. Электротехнические материалы для защиты от электромагнитного загрязнения окружающей среды / М. С. Лемешев, А. В. Христин // *Материалы 4-й междунар. науч.-практ. конф. "Инновационное развитие территорий"*. – Череповец, 2016. – С. 78 - 83.
13. Лемешев М. С. Металлонасыщенные бетоны для защиты от электромагнитного излучения / М. С. Лемешев // *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. – № 33. – 2013. – С. 253 – 256.
14. Електропровідні бетоны для захисту від статичної електрики [Електронний ресурс] / М. С. Лемешев // *Матеріали наук. симпоз. "Перспективні досягнення сучасних вчених"*, Одеса, 2017. – Режим доступу : <http://www.sworld.education/index.php/ru/c217-14/29403-%D1%81217-032>.
15. Електротехнічний бетон для виготовлення анодних заземлювачів [Електронний ресурс] / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // *Матеріали міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. "Інтелектуальний потенціал XXI століття '2017"*, Одеса, 2017. – Режим доступу : <http://www.sworld.education/index.php/ru/arts-architecture-and-construction-u7-317/modern-construction-technologies-u7-317/29688>.
16. Сердюк В. Р. Використання Бетелу-М для іммобілізації рідких радіоактивних відходів / В. Р. Сердюк, О. В. Христин // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. – 2008. – № 1 (5). – С. 50 – 54.
17. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» // *Відомості Верховної Ради України*. – 2011. – № 26. – С. 218.
18. Щербина Т. Про проблему дефіциту брухту чорних металів на внутрішньому ринку України / Т. Щербина // *Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2019»*, 15 – 17 квітня 2019 р. – Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2019. – Т. 5. – С. 120 – 123.
19. Галасюк В. В. Підвищення вивізного мита на металобрухт для ліквідації сировинного дефіциту в металургійній галузі як механізм економічного розвитку / В. В. Галасюк // *Вісник Одеського національного університету. Серія : Економіка*. – 2017. – № 22, Вип. 10. – С. 46 – 50.
20. В'яжуче на основі промислових відходів [Електронний ресурс] / М. С. Лемешев // *Матеріали Междунар. науч.-практ. Интернет-конф. "Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2017"*. – Режим доступу : http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/18481/statya_doclad_oct%20.doc.
21. Утворення відходів за класифікаційними угрупованнями державного класифікатора відходів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/uv_zaklass/arch_uv_zaklass_u.htm.
22. Михалевич В. М. Математичні системи комп'ютерної алгебри як засіб підвищення ефективності і якості освітнього процесу з вищої математики / В. М. Михалевич, О. І. Шевчук, Н. Л. Буга // *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. Збірник наукових праць*. – Київ-Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2007. – Випуск 14. – С. 357 - 360.

23. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz") / О. В. Березюк // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 49486. – К. : Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 03.06.2013.
24. Березюк О. В. Определение регрессии коэффициента уплотнения твердых бытовых отходов от высоты полигона на основе компьютерной программы "RegAnaliz" / О. В. Березюк // Автоматизированные технологии и производства. – 2015. – № 2 (8). – С. 43 – 45.
25. Березюк О. В. Встановлення регресій параметрів захоронення відходів та потреби в ущільнювальних машинах на основі комп'ютерної програми "RegAnaliz" / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 1. – С. 40 – 45.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2021.

Стаття пройшла рецензування 21.12.2021.

Березюк Олег Володимирович – д. т. н., доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки.

Віштак Інна Вікторівна – к. т. н., доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки.

Лемешев Михайло Степанович – к. т. н., доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури.

Вінницький національний технічний університет.