

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 ОБСЯГІВ УТВОРЕННЯ НЕКОНДИЦІЙНИХ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ ЗАГАЛЬНОМАШИНОБУДІВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УКРАЇНІ**

*Відходи металообробки, некондиційні машин та обладнання загальномашинобудівного призначення, як різновиди твердих промислових відходів, можуть бути широко застосовані у будівництві для одержання таких 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 обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні є актуальною науково-технічною задачею.*

*Метою дослідження є визначення регресійної залежності, яка описує динаміку обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення 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 обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні та може бути використана під час прогнозування таких обсягів. Побудовано графічну залежність, що описує динаміку обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні та дозволяє наочно проілюструвати цю динаміку та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними даними. Встановлено, що в Україні протягом 2017 – 2019 рр. обсяги утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення зменшувались за лінійною залежністю.*

**Ключові слова:** динаміка, обсяги утворення, тверді промислові відходи, некондиційні машини та обладнання загальномашинобудівного призначення, регресійний аналіз.

### **Вступ**

Порівняно з 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]. Твердими промисловими відходами є непридатні для виробництва певної продукції види сировини, її залишки, що не вживаються, або речовини, які виникають в результаті технологічних процесів, що не підлягають утилізації у цьому виробництві. На цей перелік припадає 90% обсягу твердих промислових відходів, які є одним із основних джерел антропогенного забруднення навколишнього середовища в глобальному масштабі та 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 %. У

відходи в Україні 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. Понад 200 млн. т. складають токсичні та інші небезпечні відходи. Річний приріст площ, зайнятих відходами, складає 50 тис. га [11]. Поряд із тим тверді промислові відходи, зокрема відходи металообробки, можуть бути широко застосовані у будівництві для одержання таких 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**

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

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Проблемі дефіциту брухту чорних металів на внутрішньому ринку України присвячена робота [18]. Однією із причин чого 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. 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. Досліджено ефекти від впровадження підвищеного мита на експорт металобрухту, зокрема його вплив на виробництво, робочі місця, податкові надходження.

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

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

В статті [21] визначено регресійну залежність, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні.

В роботі [22] опубліковано статистичні дані щодо утворення відходів за класифікаційними угрупованнями державного класифікатора відходів в Україні, зокрема обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в період 2017 - 2019 років. Однак конкретних математичних залежностей, що описують динаміку обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення 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 обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні та може бути використана під час прогнозування таких обсягів.

### Методи і матеріали

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

### Результати досліджень

У таблиці 1 показана динаміка обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні в 2017 - 2019 рр. за даними Державної служби статистики України [22]. На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парну регресійну залежність, яка описує динаміку обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні.

Таблиця 1

**Статистика обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні [22]**

Рік	2017	2018	2019
Обсяги утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення, т	130,8	95,028	62,708

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів [23] за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz" [24], яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір, і детально описана в роботах [25, 26].

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  $R$ .

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

$$m_{\text{НМОЗМП}} = 164,3 - 34,05(t - 2016) \quad [T], \quad (1)$$

де  $m_{\text{НМОЗМП}}$  – обсяги утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення,  $t$ ;  $t$  – рік.

Таблиця 2

**Результати регресійного аналізу динаміки обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні**

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,99957	9	$y = ax^b$	0,97470
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,98469	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,99271
3	$y = a + b / x$	0,96847	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,99271
4	$y = x / (a + bx)$	0,98199	12	$y = a / (b + x)$	0,98469
5	$y = ab^x$	0,99716	13	$y = ax / (b + x)$	0,89770
6	$y = ae^{bx}$	0,99716	14	$y = ae^{b/x}$	0,93715
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,99716	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,93715
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,90646	16	$y = a + bx^n$	0,98514

На рис. 1 показано фактичну та теоретичну графічну залежності, які описують динаміку обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні.

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретична динаміка обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні, розрахована за допомогою рівняння регресії (1), несуттєво відрізняється від даних, наведених в роботах [22], що підтверджує визначену раніше достатню точність отриманої залежності.

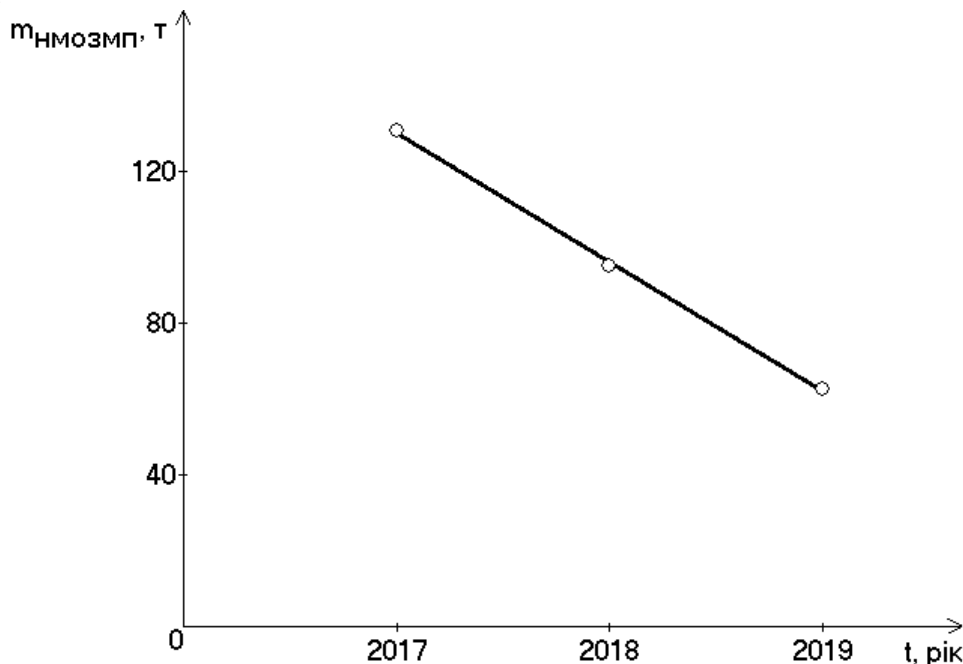


Рис. 1. Залежність, яка описує динаміку обсягів утворення некондиційних машин та обладнання

загальномашинобудівного призначення в Україні протягом 2017 - 2019 рр.: фактична  $\circ$ , теоретична —

### Висновки

1. Визначено регресійну залежність, яка описує динаміку обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні та може бути використана під час прогнозування таких обсягів.

2. Побудовано графічну залежність, що описує динаміку обсягів утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення в Україні та дозволяє наочно проілюструвати цю динаміку та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними.

3. Встановлено, що в Україні протягом 2017 – 2019 рр. обсяги утворення некондиційних машин та обладнання загальномашинобудівного призначення зменшувались за лінійною залежністю.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Синюк О. М. Вплив тертя на об'ємну продуктивність переміщення відходів полімерного матеріалу в шнековому конвеєрі / О. М. Синюк // Проблеми трибології. – 2016. – № 2. – С. 89 – 96.
2. Березюк О. В. Математичне моделювання прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів та площ полігонів і сміттєзвалищ в Україні / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : Науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – № 2 (7). – С. 88 – 91.
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. Березюк О. В. Моделювання динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час літнього компостування / О. В. Березюк, С. М. Горбатюк, Л. Л. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 4. – С. 17 – 20.
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. 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.
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. Ковальський В. П. Шламосолокарбонатий 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.
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. Електротехнічні матеріали для захисту від електромагнітного забруднення оточуючої середовища / М. С. Лемешев, А. В. Христин // Матеріали 4-ї міжнарод. науч.-практ. конф. "Інноваційне розвиток територій". – Череповець, 2016. – С. 78 – 83.
13. Лемешев М. С. Металонасичені бетони для захисту від електромагнітного випромінювання / М. С. Лемешев // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – № 33. – 2013. – С. 253 – 256.
14. Електропровідні бетони 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 міжнарод. науч.-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. – 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'язуче на основі промислових відходів [Електронний ресурс] / М. С. Лемешев // Матеріали Междунар. науч.-практ. Інтернет-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](http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/18481/statya_doclad_oct%20.doc).

21. Динаміка зростання обсягів утворення металобрухту в Україні / О. В. Березюк, І. В. Віштак, М. С. Лемешев // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2021. – № 4. – Режим доступу : <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/download/640/601>.

22. 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](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/uv_zaklass/arch_uv_zaklass_u.htm).

23. 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 методи навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. Зб. наук. прац. – Київ-Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2007. – Випуск 14. – С. 357 - 360.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

**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.