

О. В. Березюк, д. т. н., доц.

ДИНАМІКА ЗРОСТАННЯ КІЛЬКОСТІ СМІТТЄВОЗІВ В УКРАЇНІ

Протягом 2014 – 2020 років чисельність автопарку сміттєвозів комунальних підприємств України збільшилась на 14 %. Визначення регресійної залежності, яка описує динаміку збільшення кількості сміттєвозів в Україні є актуальною науково-технічною задачею.

Метою дослідження є визначення регресійної залежності, яка описує динаміку збільшення кількості сміттєвозів в Україні і може бути використана під час прогнозування кількості сміттєвозів. 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 арктангенціальну залежність, яка описує динаміку збільшення сміттєвозів в Україні і може бути використана під час прогнозування кількості сміттєвозів. Побудовано графічну залежність, що описує динаміку збільшення кількості сміттєвозів в Україні та дозволяє наочно проілюструвати цю динаміку та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними даними. Використовуючи отриману залежність спрогнозовано, що кількість сміттєвозів в Україні, за наявних темпів зростання, в 2030 році збільшиться до 3873 одиниць.

Ключові слова: сміттєвоз, тверді побутові відходи, зростання, динаміка, регресійний аналіз, регресійна залежність.

Вступ

В протипагу твердим промисловим відходам, що підлягають переробці [1 – 5], тверді побутові відходи (ТПВ) в Україні, в основному, захоронюються на полігонах та сміттєзвалищах, забруднюючи навколишнє природне середовище, і лише незначна їхня частина підлягає переробці та повторному використанню [6]. Для збирання та транспортування ТПВ до місць подальшого поводження з ними в Україні використовуються кузовні сміттєвози в кількості більше 3800 од., які здатні ущільнювати ТПВ, зменшуючи витрати на перевезення і необхідні площі полігонів захоронення [7]. З метою зменшення темпів зростання площ земельних ділянок під захоронення ТПВ, вони підлягають первинній переробці під час завантаження у сміттєвоз шляхом ущільнення [8], зневоднення [9] та подрібнення [10]. Протягом 2014 – 2020 років чисельність автопарку сміттєвозів комунальних підприємств України збільшилась на 14 %.

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, а також заплановано до 2030 року частку відходів, що захоронюються, зменшити до 35 % від загального обсягу утворених відходів [11]. Згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 265 серед пріоритетних напрямів поводження з ТПВ в Україні є забезпечення застосування сучасних високоефективних сміттєвозів [12]. Тому визначення регресійної залежності, яка описує динаміку кількості сміттєвозів в Україні і може бути використана під час прогнозування

кількості сміттевозів, є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для досягнення мети маркетингового дослідження із з'ясування можливостей застосування елементів маркетингу для вирішення господарсько-екологічних проблем регіонів України на прикладі вирішення ситуації з утилізацією ТПВ, проведеного в роботі [13], необхідно зокрема збільшити кількість сміттевозів, контейнерів, працівників на підприємстві тощо.

В статті [14] розглянуті наявні способи організації роботи сміттевозів та пішохідну доступність до первинних пунктів збору (ППЗ), класифікувати сміттевози для подальшого визначення та аналізу функціональних зон ППЗ при різних способах видалення ТПВ. Також автор зазначає, що кожне з комунальних підприємств має свій парк сміттевозів для обслуговування території, тому при розміщенні ППЗ підприємство виходить з технічних характеристик та робочої зони наявних сміттевозів нехтуючи в більшості випадків нормативними вимогами та створюючи дискомфортне середовище для проживання. Наведено методику розрахунку процесу роботи, при якому забезпечується повне завантаження кузова сміттевоза. Встановлено, що необхідна кількість сміттевозів залежить від обсягу ТПВ, що перевозяться, періодичності перевезення та продуктивності транспортного засобу. Виходячи з розрахунку на продуктивність роботи спецавтотранспорту впливають спосіб завантаження та розвантаження ТПВ, кількість ППЗ, що обслуговуються, відстані перевезення його до об'єктів поводження з ТПВ та експлуатаційної швидкості руху. Згідно правил [15] під час визначення потрібної кількості автотранспортних одиниць для перевезення ТПВ враховуються: дані про фактичний розвиток житлового фонду та підприємств невиробничої сфери, технічна готовність автотранспорту, відстань до об'єктів поводження з ТПВ та інші місцеві умови конкретного населеного пункту.

В роботах [16 – 18] за допомогою використання регресійного аналізу досліджено динаміку зношеності сміттевозів у Хмельницькій, Вінницькій та Житомирській областях України, відповідно. Зменшення зношеності сміттевозів останнім часом пояснюється закупівлею підприємствами комунального господарства нових сміттевозів, вчасним ремонтом, заміною та відновленням їхніх деталей та вузлів, виведенням з експлуатації застарілих моделей сміттевозів та таких, що не підлягають ремонту та відновленню [17].

Серед основних компонентів сміттевозів із боковим способом завантаження ТПВ найменшу довговічність (пробіг до напрацювання на відмову) згідно досліджень [19] має гідравлічна система, що сприяє підвищенню зношеності сміттевозів. За результатами спостережень, опублікованих автором роботи [20], визначено структуру та найчастіші причини відмов гідравлічного обладнання сміттевозів: гідроциліндри – 34,92 % (знос манжет, ущільнень, штока; розрив гайки кріплення поршня до штока; вигин штока; механічні пошкодження), гідронасос – 16,40 % (вироблення корпусу, знос шестерень, видавлювання сальників, тріщини корпусу), трубопроводи, шланги – 15,34 % (обрив шлангів, знос трубопроводів), гідророзподільник – 13,23 %, (знос ущільнень, золотників; тріщини корпусу).

В матеріалах статті [21] встановлено, що електронні телематичні навігаційно-диспетчерські системи контролю машини в процесі роботи на маршруті дозволяють автоматично керувати роботою машини та забезпечують більш плавний рух важелів, зменшують їхні ривки та тремтіння під час розвантаження контейнерів з ТПВ. Ці ривки і тремтіння негативно діють на автомобіль. Внаслідок зниження негативного впливу термін служби кузова та шасі збільшується, а їхня зношеність зменшується.

В роботах [22 – 27] наведено статистичні дані щодо поводження з ТПВ в Україні, зокрема збільшення кількості сміттевозів в 2014 – 2020 роки. Однак конкретних математичних

залежностей, що описують динаміку збільшення кількості сміттєвозів в Україні, в результаті аналізу відомих публікацій, автором не виявлено.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є побудова за допомогою регресійного аналізу регресійної залежності, яка описує динаміку збільшення кількості сміттєвозів в Україні і може бути використана під час прогнозування кількості сміттєвозів.

Методи і матеріали

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

Результати досліджень

У таблиці 1 показана динаміка збільшення кількості сміттєвозів в Україні [22 – 27] в 2014 - 2020 рр. На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парну регресійну залежність, яка описує динаміку збільшення кількості сміттєвозів в Україні. Оскільки аргументом регресійної залежності є рік, порядок значень якого на три порядки перевищує порядок ширини діапазону його зміни, то з метою підвищення точності регресійної залежності пропонується за початок координат прийняти рік, який передує початку досліджуваного діапазону ($x = t - 2013$).

Таблиця 1

Кількість сміттєвозів в Україні, од., в різні роки [22 – 27]

Рік	2014	2015	2016	2017	2019	2020
Кількість сміттєвозів в Україні, од.	3383	3405	3496	3795	3854	3862

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" [28], яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір, і детально описана в роботах [29, 30].

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 збільшення кількості сміттєвозів в Україні

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,93430	9	$y = ax^b$	0,91980
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,93277	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,91814
3	$y = a + b / x$	0,81234	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,91814
4	$y = x / (a + bx)$	0,99917	12	$y = a / (b + x)$	0,93277
5	$y = ab^x$	0,93354	13	$y = ax / (b + x)$	0,81982
6	$y = ae^{bx}$	0,93354	14	$y = ae^{b/x}$	0,81606
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,93354	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,81606
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,78167	16	$y = a + bx^n$	0,88544
17	$y = a \cdot \arctg(bx+c)+d$	0,99999			

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

$$n_{CB} = 165,2 \arctg[2,726(t - 2013) - 9,087] + 3618 \text{ [од.]}, \quad (1)$$

де n_{CB} – кількість сміттевозів в Україні, од.; t – рік.

На рис. 1 показано фактичну та теоретичну графічну залежність, яка описує динаміку збільшення кількості сміттевозів в Україні.

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретична динаміка збільшення кількості сміттевозів в Україні, розрахована за допомогою рівняння регресії (1), несуттєво відрізняється від даних, наведених в роботах [22 – 27], що підтверджує визначену раніше достатню точність отриманої залежності.

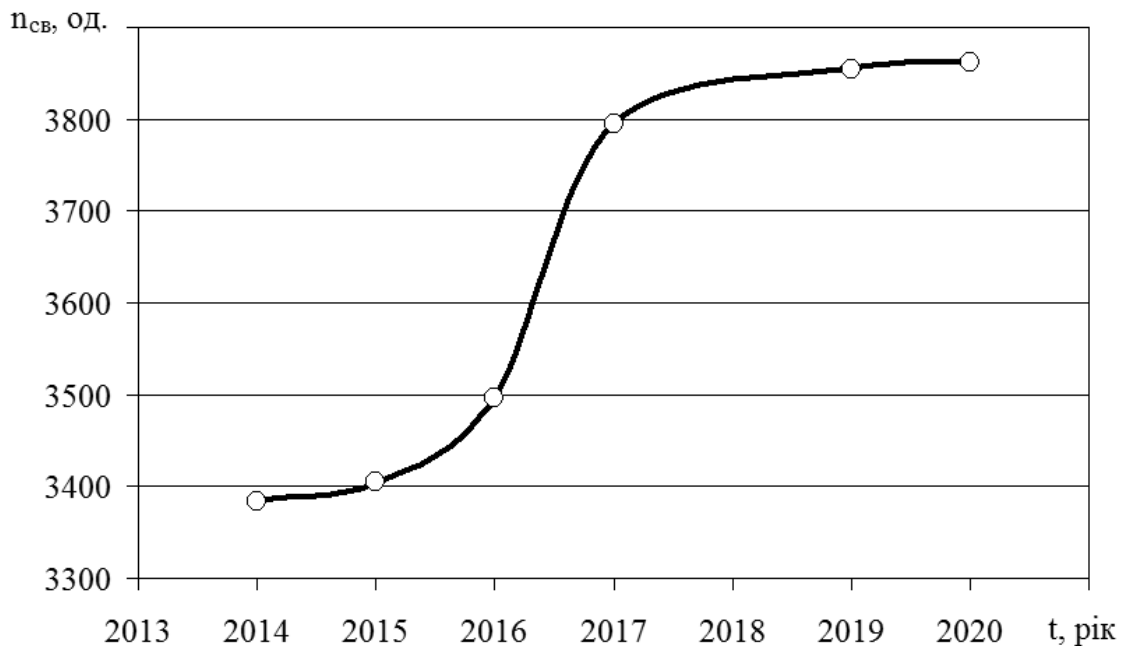


Рис. 1. Залежність, яка описує динаміку збільшення кількості сміттевозів в Україні протягом 2014-2020 рр.: фактична о, теоретична —

Використовуючи залежність (1), можна спрогнозувати, що кількість сміттевозів в Україні, за наявних темпів зростання, в 2030 році збільшиться до 3873 од.

Висновки

1. Визначено регресійну залежність, яка описує динаміку збільшення кількості сміттевозів в Україні і може бути використані під час прогнозування кількості сміттевозів.
2. Побудовано графічну залежність, що описує динаміку збільшення кількості сміттевозів в Україні та дозволяє наочно проілюструвати цю динаміку та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними.
3. Встановлено, що в Україні протягом 2014 – 2020 рр. кількість сміттевозів зростала за арктангенційною залежністю.
4. Спрогнозовано, що кількість сміттевозів в Україні, за наявних темпів зростання, в 2030 році збільшиться до 3873 одиниць.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.

2. Лемешев М. С. В'язучі 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.
3. 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.
4. Ковальський В. П. Шламозолокарбонатий прес-бегон 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.
5. В'язуче на основі промислових відходів [Електронний ресурс] / 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>.
6. Березюк О. В. Структура машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вісник машинобудування та транспорту. – 2015. – № 2. – С. 3 – 7.
7. Попович В. В. Особливості використання транспортних засобів під час транспортування, сортування, утилізації та фітомеліорації твердих побутових відходів / В. В. Попович / Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.10. – С. 90 – 96.
8. Березюк О. В. Шляхи підвищення ефективності пресування твердих побутових відходів у сміттєвозах / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – № 1. – С. 111 – 114.
9. Березюк О. В. Привод зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі / О. В. Березюк // Вісник машинобудування та транспорту. – 2016. – № 2. – С. 14 – 18.
10. Березюк О. В. Експериментальне дослідження процесу подрібнення твердих побутових відходів під час зневоднення шнековим пресом / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2019. – № 5. – С. 75 – 80. – <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-146-5-75-80>.
11. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» // Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 26. – С. 218.
12. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 березня 2004 року № 265 «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами» [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
13. Телетов О. С. Застосування маркетингу в умовах вирішення господарсько-екологічної проблеми регіону / О. С. Телетов, М. Г. Зубенко // Механізм регулювання економіки. – 2008. – № 1. – С. 89 – 102.
14. Золотар Л. В. Визначення функціонально-планувальних зон первинних пунктів збору твердих побутових відходів / Л. В. Золотар // Містобудування та територіальне планування. – 2012. - Вип. 46. – С. 235 – 245.
15. Наказ № 176 від 7 червня 2010 р. Про затвердження Методичних рекомендацій організації збирання, перевезення, перероблення та утилізації побутових відходів [Електронний ресурс] / Міністерство з питань житлово-комунального господарства України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0176662-10#Text>.
16. Bereziuk O. V. Dynamics of wear and tear of garbage trucks in Khmelnytskyi region / O. V. Bereziuk, V. I. Savulyak, V. O. Kharzhevskiy // Problems of Tribology. – 2022. – № 27 (3/105). – P. 70 – 75. – <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2022-105-3-70-75>.
17. Березюк О. В. Динаміка зношеності сміттєвозів у Вінницькій області / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2022. – № 5. – С. 16 – 21. – <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2022-164-5-16-21>.
18. Березюк О. В. Дослідження динаміки зношеності сміттєвозів у Житомирській області / О. В. Березюк, І. В. Віштак // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : Тези XV міжнародної науково-практичної конференції, 24-26 жовтня 2022 року. – Житомир : Житомирська політехніка, 2022. – С. 27 – 29.
19. Алтунина М. С. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта кузовных мусоровозов : дис. ... канд. техн. наук. : 05.05.04 / Алтунина Мария Сергеевна. – Новочеркасск, 2015. – 145 с.
20. Мальцев Д. В. Совершенствование организации перевозочного процесса твердых бытовых отходов автомобильным транспортом : дис. ... канд. техн. наук. : 05.22.10 / Мальцев Дмитрий Викторович. – Орел, 2016. – 175 с.
21. Шляховой В. Верным путем идете, мусоровозы! Телематика в мусоровозах [Электронный ресурс] / В. Шляховой // Основные средства. – 2017. – № 1. – Режим доступа: <https://os1.ru/article/9607-telematika-v-musorovozah-vernym-putem-idete-musorovozu>.
22. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2014 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2014-rik/>.
23. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2015 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/04/Zbortpv4-oblasti1.pdf>.
24. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2016 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/TPV-4-2016.pdf>.
25. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2017 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/04/TPV-4-2017.pdf>.
26. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2019 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: Наукові праці ВНТУ, 2022, № 4

https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/03/rozdil-4_oblasti.xls.

27. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2020 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zkhk/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-v-ukrayini-za-2020-rik/>.

28. 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.

29. 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.

30. 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 12.12.2022.

Стаття пройшла рецензування 18.12.2022.

Березюк Олег Володимирович – д. т. н., доцент, професор кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, e-mail: berezyukoleg@i.ua.

Вінницький національний технічний університет.