

**Березюк О.В., професор кафедри безпеки  
життєдіяльності та педагогіки безпеки, д.т.н., доцент  
Віштак І.В., доцент кафедри безпеки  
життєдіяльності та педагогіки безпеки, к.т.н., доцент  
Вінницький національний технічний університет**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗНОШЕНОСТІ СМІТТЄВОЗІВ У ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

На сьогодні для збирання та транспортування твердих побутових відходів (ТПВ) до місць захоронення та сміттєспалювання в Україні використовуються спецавтомобілі – кузовні сміттєвози в кількості більше 4100 од., які здатні ущільнювати ТПВ, зменшуючи витрати на перевезення і необхідні площі полігонів [1]. З метою зменшення темпів зростання площ земельних ділянок під захоронення ТПВ, вони підлягають первинній переробці під час завантаження у сміттєвоз шляхом ущільнення [2], зневоднення [3] та подрібнення. Зношеність автопарку сміттєвозів комунальних підприємств Житомирщини протягом 2013-2021 років змінювалась в межах 56 % до 61,9 %. Відповідно до Постанови Кабміну № 265 [4], важливим є забезпечення застосування сучасних вискоєфективних сміттєвозів у комунальному господарстві країни, як основної ланки в структурі машин для збирання та первинної переробки ТПВ. Тому визначення регресійної залежності, що описує динаміку зношеності сміттєвозів у Житомирській області для вирішення проблеми поведження з твердими побутовими відходами є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз [5] розробок в галузі комунальної техніки показав, що у більшості сміттєвозів технологічні операції здійснюється за допомогою гідравлічного приводу робочих органів. Найменшу довговічність (пробіг до напрацювання на відмову) серед основних компонентів сміттєвозів із боковим способом завантаження ТПВ згідно досліджень [6] має гідравлічна система, що сприяє підвищенню зношеності сміттєвозів. За результатами спостережень [7] визначено структуру та найчастіші причини відмов гідравлічного обладнання сміттєвозів: 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). Найбільшу небезпеку становлять значні навантаження на елементи приводу, викликані перехідними процесами під час пуску. Враховуючи значну масу контейнерів з ТПВ (до 0,5 т) перевантаження можуть досягати значних величин. Особливу небезпеку це становить для вузлів з'єднання гідроциліндр-важіль, гідроциліндр-кузов, а також для гнучких трубопроводів високого тиску, які підводять робочу рідину до гідроциліндра. Такі стрибки тиску в режимі перехідних процесів можуть стати причиною розриву трубопроводів високого тиску, виходу обладнання з робочого стану. Тому досліджено стійкості роботи гідроприводу та якості перехідних процесів під час пуску та отримано залежності таких показників якості перехідних процесів, як час регулювання та відносне перерегулювання, від основних параметрів робочих органів сміттєвозів під час завантаження [8] та вивантаження [9] ТПВ, відповідно, які дозволяють розрахувати раціональні параметрів робочих органів сміттєвозів, що забезпечують якісні перехідні процеси під час пуску гідроприводів, а, отже, і зменшення інтенсивності їхньої зношеності. В роботі [10] 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.

Системний аналіз показав, що для вирішення проблеми ТПВ необхідний комплекс машин [11], перспективним способом мінімізації кількості та шкідливості ТПВ є їхнє зневоднення та подальше віброущільнення плитою пресування з гідроприводом та віброзбудженням за допомогою генератора імпульсів тиску. На основі дослідженої взаємодії робочого тіла – ТПВ з виконавчими органами машин сформовано структуру машин для збирання та первинної переробки ТПВ [12]. Встановлено, що конструкція сміттєвоза повинна враховувати стратегію поведження з ТПВ та технологію їхнього збирання. Тому виготовлення нових конструкцій сміттєвозів з розширеними функціональними можливостями також сприятиме зменшенню показника зношеності автопарку сміттєвозів комунальних підприємств.

В статті [13] встановлено, що шини автомобілів для збирання та транспортування ТПВ, встановлені на передній осі, мають менший знос, ніж на задній осі. Це пов'язано з тим, що в процесі транспортування

ТПВ навантаження на задню вісь більше, ніж на передню. Відповідно є можливість порівняти фактичний пробіг шин з нормативами підприємства.

В роботі [14] наведено статистичні дані щодо зношеності сміттевозів у Житомирській області в 2013-2021 роки. Однак конкретних математичних залежностей, що описують динаміку зношеності сміттевозів у Житомирській області, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

В табл. 1 наведено статистичні дані щодо динаміки зношеності сміттевозів у Житомирській області в 2013-2021 рр. [14].

Таблиця 1  
Статистичні дані за 2013-2021 рр. щодо динаміки зношеності сміттевозів у Житомирській області [14]

Рік	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Зношеність сміттевозів у Житомирській області, %	59	59,09	60	61,5	61,8	61,9	60,1	57,1	56

На основі даних табл. 1 планувалось отримати математичну модель у вигляді парної регресійної залежності зношеності сміттевозів у Житомирській області.

Для визначення регресійної залежності, що описує динаміку зношеності сміттевозів у Житомирській області використано такі методи: регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей, комп'ютерного моделювання.

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Під час дослідження використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором більш адекватного виду функції із 17 найпоширеніших варіантів за критерієм максимального значення коефіцієнта кореляції зі збереженням результатів в форматі MS Excel та Bitmap. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір [15] і детально описана в роботі [16].

Результати регресійного аналізу наведені в табл. 2, де сірим кольором позначено комірки з видом регресії з максимальним значенням коефіцієнта кореляції  $R$ .

Таблиця 2  
Результати регресійного аналізу динаміки зношеності сміттевозів у Житомирській області

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції $R$	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції $R$
1	$y = a + bx$	0,38470	9	$y = ax^b$	0,16900
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,40454	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,15870
3	$y = a + b / x$	0,01972	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,15870
4	$y = x / (a + bx)$	0,89711	12	$y = a / (b + x)$	0,40454
5	$y = ab^x$	0,39466	13	$y = ax / (b + x)$	0,00082
6	$y = ae^{bx}$	0,39466	14	$y = ae^{b/x}$	0,01028
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,39466	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,01028
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,09200	16	$y = a + bx^n$	0,56330
17	$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4$				0,99047

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

$$ZH_{CM,ЖТ} = 0,02095(t - 2012)^4 - 0,4468(t - 2012)^3 + 2,932(t - 2012)^2 - 6,25(t - 2012) + 62,84 \text{ [%]}, \quad (1)$$

де  $ZH_{CM,ЖТ}$  – зношеність сміттевозів у Житомирській області, %;  
 $t$  – рік.

На рис. 1 показано графічну залежність, що описує динаміку зношеності сміттевозів у Житомирській області, побудовану за допомогою рівняння регресії (1), що підтверджує визначену раніше достатню збіжність отриманої теоретичної залежності порівняно із даними, наведеними в роботі [14].

Аналіз графічної залежності на рис. 1 показав, що динаміка зношеності сміттевозів у Житомирській області в 2013-2021 рр. може бути описана поліномом 4-го порядку.

**Висновки.** Визначено регресійну залежність, що описує динаміку зношеності сміттевозів у Житомирській області та дозволяє її прогнозувати, що необхідно для вирішення проблеми поведінки з твердими побутовими відходами. Побудовано графічну залежність, що описує динаміку зношеності сміттевозів у Житомирській області та дозволяє наглядно проілюструвати дану динаміку, показати достатню збіжність теоретичних та фактичних результатів. Встановлено, що динаміка зношеності сміттевозів у Житомирській області в 2013-2021 рр. може бути описана поліномом 4-го порядку.

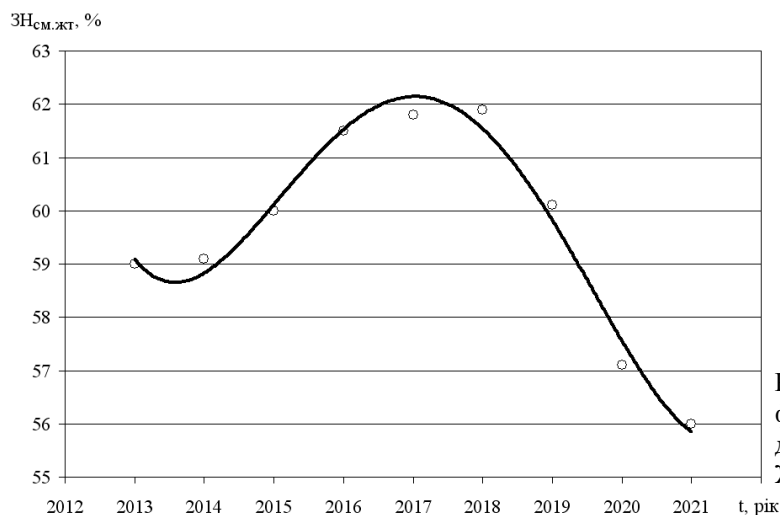


Рис. 1 – Залежність, що описує фактичну (○) та теоретичну (—) динаміку зношеності сміттєвозів у Житомирській області в 2013-2021 рр.

### Література

1. Попович В.В. та ін. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто-сміттєзвалище", Науковий вісник НЛТУ України, Т. 27, № 10, 2017, с. 111-116.
2. Орлова Т.А. Экологическая оценка земельных участков, занятых объектами обращения с отходами, Містобудування та територіальне планування. 2006. Вип. 25. с. 167-181.
3. Березюк О.В. Експериментальне дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом, Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2018, № 5, с. 18-24.
4. Кабмін України (2004, Берез. 4). Постанова № 265 "Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами". URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
5. Березюк О.В. Науково-технічні основи проектування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів: автореф. дис. д.т.н., Хмельницький, 2021.
6. Алтунина М.С. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта кузовных мусоровозов: дис. к.т.н., Новочеркасск, 2015.
7. Мальцев Д.В. Совершенствование организации перевозочного процесса твердых бытовых отходов автомобильным транспортом: дис. к.т.н., Орел, 2016.
8. Березюк О.В. Дослідження динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози, Вісник ОДАБА, № 33, 2009, с. 403-406.
9. Березюк О.В. Дослідження динаміки гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів, Машинознавство, № 10 (136), 2008, с. 25-28.
10. Шляховой В. Верным путем идете, мусоровозы! Телематика в мусоровозах, Основные средства, № 1, 2017, URL: <https://os1.ru/article/9607-telematika-v-musorovozah-vernym-putem-idete-musorovozy>
11. Березюк О.В. Огляд конструкцій машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів, Вісник машинобудування та транспорту, № 1, 2015, с. 3-8.
12. Березюк О.В. Структура машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів, Вісник машинобудування та транспорту, № 2, 2015, с. 3-7.
13. Беляев М.С., Генсон Е.М. Определение соответствия фактического износа шин мусоровозов нормативному значению, Химия. Экология. Урбанистика, Т. 2020, 2020, с. 30-33.
14. Мінрегіон, Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2021 рік. URL: [https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/05/rozdil-4-\\_oblasti-2021.xls](https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/05/rozdil-4-_oblasti-2021.xls)
15. Березюк О.В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz"), Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 49486, К: ДСІВ України, дата реєстрації: 03.06.2013.
16. Березюк О.В. Встановлення регресій параметрів захоронення відходів та потреби в ущільнювальних машинах на основі комп'ютерної програми "RegAnaliz", Вісник ВПІ, № 1, 2014, с. 40-45.