

УДК 628.472.3; 628.4.08

**О. В. Березюк, д. т. н., доц.; Т. Б. Васенко; С. М. Горбатюк, к. б. н., доц.;
Т. І. Шевчук, к. мед. н., доц.**

РЕГРЕСІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ ЗАХВОРИЮВАНОСТІ НА ХВОРОБИ ОРГАНІВ ДИХАННЯ ВІД ПРОДУКТИВНОСТІ СМІТТЄСПАЛЮВАЛЬНОГО ЗАВОДУ

До захворювань систем дихання та кровообігу людини можуть призвести димові гази сміттєспалювальних заводів, що являють собою складну багатокомпонентну суміш із 27-ми інгредієнтів. Тому визначення регресійної залежності показників загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності, є актуальною науково-технічною задачею.

Метою дослідження є побудова за допомогою регресійного аналізу регресійної залежності показників загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу, які можуть бути використані для прогнозування показників такої захворюваності. Під час проведення дослідження використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором найбільш адекватного 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". Отримано регресійну залежність поширеності загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності. Побудовано графічну залежність поширеності загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу, яка дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними. Встановлено, що поширеність загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання зростає при збільшенні продуктивності сміттєспалювального заводу за степеневою залежністю.

Ключові слова: *сміттєспалювальний завод, тверді побутові відходи, показники захворюваності, хвороби органів дихання, регресійний аналіз.*

Вступ

Для охорони здоров'я та безпеки навколишнього середовища тверді побутові відходи (ТПВ) становлять серйозну загрозу [1]. Щороку на території України утворюються більше ніж 54 млн. м³ ТПВ, основна частина яких захоронюється на 6107 полігонах та сміттєзвалищах площею майже 7700 га та лише частково переробляються або утилізуються на сміттєспалювальних заводах (2 %), на відміну від високорозвинутих країн, які відомі широким впровадженням сучасних технологій переробки та утилізації ТПВ [2]. У зв'язку з подорожчанням органічного палива, особливо природного газу, в Україні стає актуальнішою проблема використання ТПВ як енергетичного палива. В таких розвинутих країнах, як Данія та Нідерланди поширеність сміттєспалювання складає 54,3 % і 36,6 %, відповідно [3]. Тільки за період протягом 1995 – 2014 рр. поширеність спалювання ТПВ у країнах ЄС збільшилася майже в два рази [4]. В той же час утилізувати ТПВ доцільно на наявних комунальних ТЕЦ з генеруючою потужністю 12 МВт, що можуть працювати на енергетичному паливі (суміші

ТПВ, зневоднених до 20 % відносної вологості та кам'яного вугілля з масовою часткою 16 %) із розрахунковою нижчою теплотою згорання 10,99 МДж/кг [5]. Поряд із тим термічні методи утилізації ТПВ на теперішній час набули неоднозначної оцінки у світовій практиці, оскільки технологічний процес будь-якого сміттєспалювального заводу безумовно супроводжується комплексним забрудненням атмосферного середовища. Димові гази сміттєспалювальних заводів являють собою складну багатокомпонентну суміш, у складі якої ідентифіковано і кількісно визначено 27 інгредієнтів [6], що можуть призвести до захворювань систем дихання та кровообігу людини.

Постановка проблеми

Відповідно до тексту Постанови Кабінету Міністрів України № 265 серед пріоритетних напрямів поводження з ТПВ в Україні є забезпечення організації контролю за наявними та закритими полігонами ТПВ для запобігання шкідливому впливу на довкілля та здоров'я людини [8]. Тому визначення регресійної залежності показників загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності, є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Регресійні моделі поширеності таких способів поводження з ТПВ як захоронення та спалювання наведені в статті [7]. Нижча теплота згорання ТПВ становить 6,285...8,38 МДж/кг, а за умови зменшення вологості ТПВ з 43 % до 20 % нижча теплота згорання ТПВ становить 9,14 МДж/кг, розрахункова нижча теплота згорання суміші вугілля і ТПВ – 10,99 МДж/кг [5]. В роботі [8] за допомогою запропонованого вологоміра [9] проведено дослідження процесів зневоднення ТПВ шнековим пресом за допомогою планування експерименту другого порядку, яке дало змогу визначити адекватні квадратичні регресійні моделі показників зневоднення від основних параметрів впливу. В роботі [10] запропоновано схему гідроприводу зневоднення та ущільнення ТПВ у сміттєвозі під час їхнього завантаження.

Дослідження властивостей горіння ТПВ у нерухомому шарі [11] встановило таку залежність швидкості горіння від розміру частинок: зменшення середнього розміру частинок із 30 до 10 мм призводить до збільшення швидкості розповсюдження полум'я з 0,6 см/хв до 0,8 см/хв, що, в свою чергу, значно збільшує швидкість спалювання ТПВ і, отже, контролює максимальну пропускну здатність відходів при досягненні повного згорання.

Залежність поширеності спалювання ТПВ з утилізацією енергії в розвинутих країнах від факторів впливу (густота населення країни, величина валового внутрішнього продукту на душу населення, індекс розвитку людського потенціалу, середня географічна широта країни) досліджена в статті [12]. В роботі [13] наведено статистичні дані щодо поширеності методів спалювання ТПВ в Україні в 2012 – 2019 роки.

В матеріалах статті [14] встановлено, що на кількість сміттєспалювальних заводів в різних країнах найбільше впливає ВВП на душу населення, а найменше – середня географічна широта, а індекс розвитку людського потенціалу впливає лише опосередковано за допомогою ефектів взаємодії факторів, а також отримано адекватну регресійну залежність кількості сміттєспалювальних заводів у різних країнах у вигляді квадратичної регресії в логарифмічних координатах із ефектами взаємодій 1-го порядку, яка може бути використана під час розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з ТПВ.

Тенденцію до зменшення показників захворюваності, як дорослого населення в цілому так і населення працездатного віку, на церебральні інсульти виявлено в роботі [15], а в статті [16] визначено регресійну залежність поширеності захворюваності населення

працездатного віку на церебральний інсульт від продуктивності сміттєспалювального заводу. Робота [17] присвячена визначенню регресійних степеневих залежностей поширеності хвороб різних класів у дорослого населення населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона, які використані для визначення безпечної відстані розміщення полігонів ТПВ від населених пунктів за показниками поширеності патології органів дихання та хвороб системи кровообігу.

В роботі [18] наведені, зокрема, показники загальної захворюваності населення в різні роки на хвороби органів дихання в Дарницькому адміністративному районі м. Києва, на території якого розташовано сміттєспалювальний завод “Енергія”. Однак конкретних математичних залежностей показників загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є побудова за допомогою регресійного аналізу регресійної залежності показників загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу, які можуть бути використані для прогнозування показників такої захворюваності.

Методи і матеріали

Для визначення регресійної залежності показників загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу використано такі методи: регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей, комп'ютерне моделювання.

Результати досліджень

У таблиці 1 наведені показники загальної захворюваності населення в різні роки на хвороби органів дихання в Дарницькому адміністративному районі м. Києва, на території якого розташовано сміттєспалювальний завод “Енергія”, визначені авторами роботи [18], в залежності від продуктивності сміттєспалювального заводу.

Таблиця 1

Показники загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання в залежності від продуктивності сміттєспалювального заводу [18]

Рік	2012	2015	2016	2017	2018
Спалено ТПВ, тис. т [13]	228,5	256,4	259,3	245,6	206,5
Поширеність загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання на 10 тис. населення	5526,6	5744	5931,5	5827,4	5682,8

На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парну регресійну залежність показників загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу.

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів [19] за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz" [20], яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір, і детально описана в роботі [21, 22].

Програма "RegAnaliz" дозволяє проводити регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором найбільш адекватного виду функції із 16-ти найпоширеніших варіантів за критерієм максимального коефіцієнту кореляції зі

збереженням результатів в форматі MS Excel та Вітмар.

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

$$P_{\text{ход}} = 5608 - 1,69 \cdot 10^{-34} m_{\text{сп.тпв}}^{15} \quad [\text{вип. на 10 тис. нас.}], \quad (1)$$

де $P_{\text{ход}}$ – поширеність загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання, вип. на 10 тис. нас; $m_{\text{сп.тпв}}$ – річна маса спалених ТПВ, тис. т.

На рис. 1 показані фактичну та теоретичну графічну залежність поширеності загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу.

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу залежності поширеності загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,64472	9	$y = ax^b$	0,62606
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,63904	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,62895
3	$y = a + b / x$	0,61231	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,62895
4	$y = x / (a + bx)$	0,86327	12	$y = a / (b + x)$	0,63904
5	$y = ab^x$	0,64194	13	$y = ax / (b + x)$	0,60617
6	$y = ae^{bx}$	0,64194	14	$y = ae^{b/x}$	0,60931
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,64194	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,60931
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,20751	16	$y = a + bx^n$	0,95166

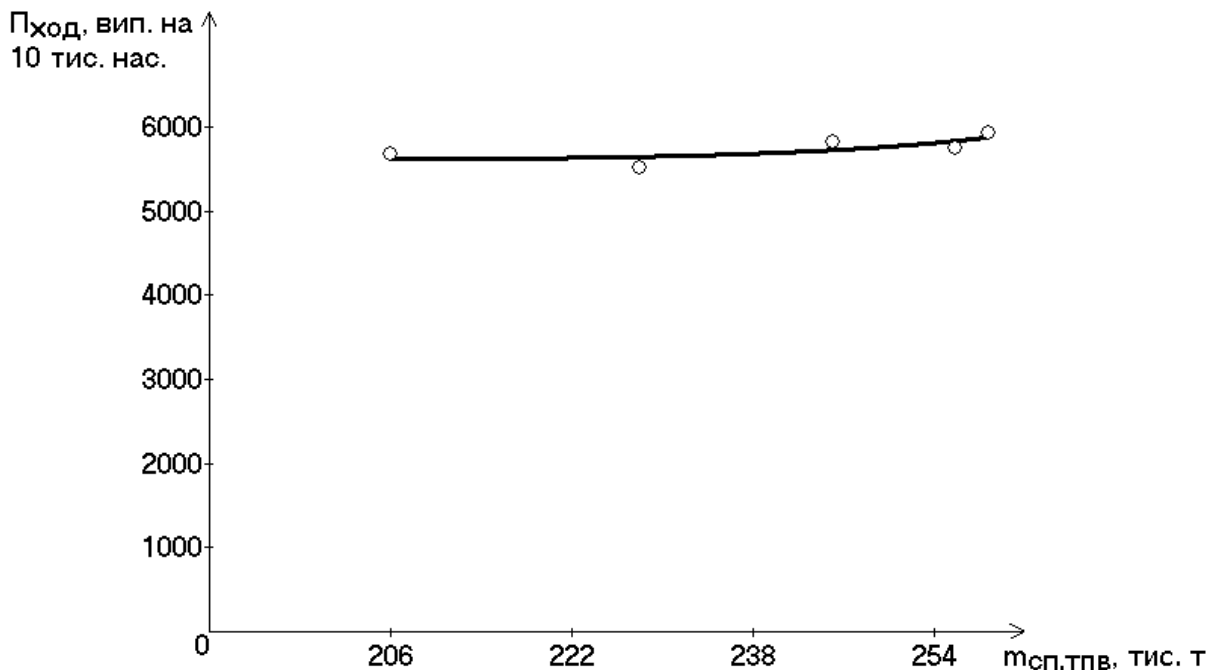


Рис. 1. Залежність поширеності загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу: фактична \circ , теоретична —

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретична поширеність загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу, розрахована за допомогою рівняння регресії (1), несуттєво відрізняються від даних, наведених в роботі [18], що підтверджує визначену раніше

достатню точність отриманої залежності.

Аналіз графічної залежності на рис. 1 показав, що поширеність загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання зростає при збільшенні продуктивності сміттєспалювального заводу за степеневу залежністю.

Висновки

Визначено регресійну залежність поширеності загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу, яка може бути використана для прогнозування показників такої захворюваності.

Побудовано графічну залежність поширеності загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання від продуктивності сміттєспалювального заводу, яка дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними.

Встановлено, що поширеність загальної захворюваності населення на хвороби органів дихання зростає при збільшенні продуктивності сміттєспалювального заводу за степеневу залежністю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Hamer G. Solid waste treatment and disposal : effects on public health and environmental safety / G. Hamer // *Biotechnology advances*. – 2003. – Vol. 22, № 1 – 2. – P. 71 – 79. – <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2003.08.007>.
2. Мороз О. В. Економічні аспекти вирішення екологічних проблем утилізації твердих побутових відходів : монографія / О. В. Мороз, А. О. Свентух, О. Т. Свентух. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 110 с.
3. Орлова Т. А. Экологическая оценка земельных участков, занятых объектами обращения с отходами / Т. А. Орлова // *Містобудування та територіальне планування : науково-технічний збірник*. – 2006. – Вип. 25. – С. 167 – 181.
4. Березюк О. В. Динаміка поширеності методів поводження з твердими побутовими відходами в ЄС / О. В. Березюк, В. О. Краєвський, Л. Л. Березюк // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2020. – № 1. – С. 104 – 109. – <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-148-1-104-109>.
5. Рижий В. К. Утилізація твердих побутових відходів на наявних комунальних ТЕЦ / В. К. Рижий, Т. І. Римар, І. Л. Тимофєєв // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. – 2011. – № 712 : Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація. – С. 17 – 22.
6. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферы выбросами мусоросжигательного производства и предложения по ее оздоровлению // *Информационное письмо Республиканского центра научной медицинской информации*. – К. : Укрмединформ, 1992. – Вып. 4. – 2 с.
7. 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.
8. Березюк О. В. Експериментальне дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом / О. В. Березюк // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2018. – № 5. – С. 18 – 24. – <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2018-140-5-18-24>.
9. Bereziuk O. V. Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3 / O. V. Bereziuk, M. S. Lemeshev, V. V. Bohachuk // *Proc. SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018*. – 2018. – Vol. 10808, № 108083G. – <http://dx.doi.org/10.1117/12.2501557>.
10. Пат. 109036 U Україна, МПК (2016.01) В 65 F 3/00. Гідропривід зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі / Березюк О. В.; заявник та патентовласник Березюк О. В. – № u201601154 ; заявл. 11.02.2016 ; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15.
11. Shin D. The Combustion of Simulated Waste Particles in a Fixed Bed / D. Shin, S. Choi // *Combustion and Flame*. – 2000. – Vol. 121. – P. 167 – 180.
12. Березюк О. В. Поширеність спалювання твердих побутових відходів з утилізацією енергії / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : науково-технічний збірник*. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2017. – № 2 (23). – С. 128 – 132.
13. Рахункова палата. Звіт про результати аудиту впровадження системи поводження з побутовими відходами та ефективності використання коштів державного бюджету у цій сфері [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://tr.gov.ua/upload-files/Activity/Collegium/2017/22-1_2017/Zvit_22-1_2017.pdf.
14. Березюк О. В. Регресія кількості сміттєспалювальних заводів / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // *Сборник Научных работ ВНТУ, 2023, № 1*

научных трудов SWorld. – 2015. – Выпуск 1 (38). Том 2. Технические науки. – С. 63 – 66.

15. Прокопів М. М. Захворюваність населення м. Києва на церебральні інсульти / М. М. Прокопів, Г. О. Слабкий // The XXIII th International scientific and practical conference «Theoretical and Practical Foundations of Social Process Management», 29-30 June 2020, San Francisco, USA. – 2020. – С. 262 – 267. – DOI:10.46299/ISG.2020.XXIII.

16. Залежність показників захворюваності населення працездатного віку на церебральний інсульт від продуктивності сміттєспалювального заводу / О. В. Березюк, С. М. Горбатюк, І. М. Климчук, Т. І. Шевчук // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2021. – № 4. – Режим доступу до журн. : <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/641/602>. – <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2021-4-7-12>.

17. Залежність поширеності хвороб від відстані між населеним пунктом і полігоном твердих побутових відходів / О. В. Березюк, С. М. Горбатюк, Л. Л. Березюк // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2020. – № 4. – Режим доступу до журн. : <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/618/580>. – <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2020-4-1-6>.

18. Звіт з оцінки впливу на довкілля планової діяльності за проектом «Технічне переоснащення СП «Завод Енергія» КП «Київтеплоенерго» на вул. Колекторній, 44 у Дарницькому районі м. Києва в частині системи очищення димових газів» № 20191164781. – К. : Комунальне підприємство «Дирекція з капітального будівництва та реконструкції «Київбудреконструкція», 2019. – 330 с.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. 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 01.02.2023.

Стаття пройшла рецензування 15.02.2023.

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

Вінницький національний технічний університет.

Васенко Тетяна Борисівна – асистент кафедри медичної біології.

Горбатюк Світлана Михайлівна – к. б. н., доцент, доцент кафедри медичної біології.

Шевчук Тетяна Ігорівна – к. мед. н., доцент, доцент кафедри медичної біології.

Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова.