

МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕНOSTІ СПОСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ЗВАЛИЩНОГО ГАЗУ ДЛЯ РОЗРОБКИ ОБЛАДНАННЯ ТА СТРАТЕГІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

¹Вінницький національний технічний університет

Виявлено параметри, які впливають на поширеність способів утилізації видобутого звалищного газу в різних країнах. Розроблено математичні моделі прогнозування поширеності способів утилізації видобутого звалищного газу.

Ключові слова: математичне моделювання, комплекс машин та обладнання, утилізація, звалищний газ, тверді побутові відходи.

Вступ

Загальний потенціал звалищного газу (ЗГ), який утворюється на сміттєзвалищах та полігонах захоронення твердих побутових відходів (ТПВ), в США досягає 13 млрд. м³/рік, а в країнах ЄС майже 9 млрд. м³/рік [1]. Основним компонентом ЗГ є метан, емісія якого з територій захоронення ТПВ складає від 1,5 до 70 млн. т/рік [2]. В світовій практиці застосовують три основних способи використання ЗГ: пряме спалювання, виробництво електроенергії за допомогою установок комбінованого вироблення тепла та електроенергії, збагачення до якості природного газу [3]. Тому прогнозування поширеності способів утилізації видобутого звалищного газу в різних країнах світу з метою розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з ТПВ є актуальною науково-технічною задачею.

Автор [3] наводить статистичні дані щодо способів утилізації ЗГ в різних країнах світу. У статті [1] розглянуто математичну модель прогнозування питомого потенціалу ЗГ. В роботі [4] наведено математичну модель прогнозування питомого об'єму видобування ЗГ, а в статті [5] проведено моделювання ефективності його видобування. Однак конкретних залежностей, які б описували прогнозування поширеності способів утилізації видобутого ЗГ, в результаті аналізу відомих публікацій, автором цієї статті не виявлено.

Метою роботи є розробка математичної моделі прогнозування поширеності способів утилізації видобутого звалищного газу для розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з ТПВ.

Результати дослідження

Поміж параметрів, що впливають на поширеність способів утилізації видобутого ЗГ у різних країнах, розглядалися такі: густота населення країни, величина валового внутрішнього продукту (ВВП) на душу населення, індекс розвитку людського потенціалу, значення яких наведено в таблиці. На відміну від абсолютних параметрів, відносні дозволяють порівнювати країни з різними рівнями розвитку економіки та людського потенціалу, кількістю населення та площами території. На жаль, відсутні статистичні дані щодо поширеності способів утилізації видобутого ЗГ в Україні, але їх можна визначити теоретично за допомогою прогностичних моделей, отриманих на основі даних по інших країнах, для яких така інформація відома (див. табл.).

За даними табл. використовуючи планування експерименту виду 2³ методом Бокса–Уїлсона за допомогою розробленого програмного забезпечення [6] отримано лінійні рівняння регресії, які описують поширеність утилізації ЗГ способами прямого спалювання $\Pi_{ЗГ}^{ПС}$ та вироблення електроенергії $\Pi_{ЗГ}^{БЕЕ}$, відповідно, в різних країнах від основних параметрів впливу, і після відкидання незначимих факторів виглядають таким чином:

$$\Pi_{3Г}^{PC} = 3236 - 0,149n_n/S_{кр} + 6,435 ВВП/n_n - 3653IPЛП ; \quad (1)$$

$$\Pi_{3Г}^{BEE} = 64,37 + 0,1002n_n/S_{кр} - 1,02 ВВП/n_n , \quad (2)$$

де $n_n/S_{кр}$ — густина населення, осіб/км²; ВВП/ n_n — ВВП на душу населення, тис. \$/осіб; ІРЛП — індекс розвитку людського потенціалу (ІРЛП = 0...1); n_n — кількість населення країни, осіб; $S_{кр}$ — площа території країни, км².

Встановлено, що за критерієм Фішера гіпотезу про адекватність регресійних моделей (1), (2) можна вважати правильною з 95 %-ю достовірністю. Коефіцієнт кореляції склав 0,99992 та 0,99995, відповідно, що свідчить про високу достовірність отриманих результатів.

Виявлено, що за критерієм Стьюдента найбільше на поширеність утилізації ЗГ способом прямого спалювання впливає індекс розвитку людського потенціалу, а найменше — густина населення; найбільше на поширеність утилізації ЗГ способом вироблення електроенергії впливає ВВП на душу населення, а індекс розвитку людського потенціалу не впливає взагалі.

Способи утилізації ЗГ в різних країнах [3]

Країна	Способи утилізації ЗГ, %				Фактори впливу		
	пряме спалювання	вироблення електроенергії	підвищення якості до рівня природного газу	Інше	Густина населення, осіб/км ²	ВВП на душу населення, тис. \$	Індекс розвитку людського потенціалу
Німеччина	28	46	—	26	230	40,42	0,940
Нідерланди	10	51	39	—	394	51,66	0,958
Великобританія	56	42	—	2	247	46,43	0,942
Швеція	90	10	—	—	21,9	55,43	0,958
Всього	27,5	62,5	2,5	7,5	—	—	—

Порівняння фактичної та теоретичної поширеності способів утилізації видобутого ЗГ, ранжованих в порядку спадання, подано на рис. 1.

З рис. 1 випливає, що теоретичні поширеності способів утилізації видобутого ЗГ, розраховані за допомогою регресійних моделей (1, 2), несуттєво відрізняються від фактичних даних, що підтверджує визначену раніше високу достовірність отриманих залежностей, які можуть бути використані під час розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з ТПВ.

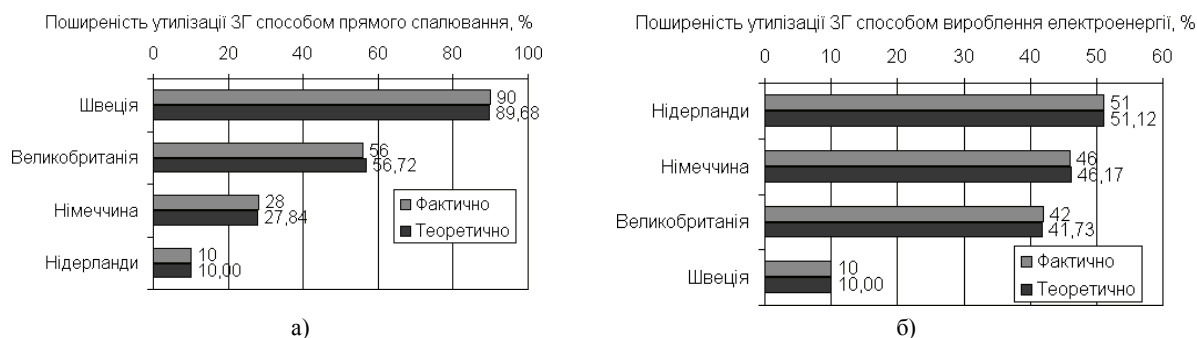


Рис. 1. Порівняння фактичної та теоретичної поширеності способів утилізації видобутого ЗГ:

а — пряме спалювання; б — вироблення електроенергії

На рис. 2 показано поверхні відгуків цільових функцій — поширеності способів утилізації видобутого ЗГ в різних країнах та їх двомірні перерізи в площинах параметрів впливу, які дозволяють наглядно відобразити залежності (1, 2) та характер одночасного впливу декількох факторів на цільові функції.

Підставляючи дані для України: $n_n/S_{кр} = 76$ осіб/км²; ВВП/ $n_n = 7,532$ тис. \$/осіб; ІРЛП = 0,786 в отриману регресійну модель (2), визначимо, що поширеність вироблення електроенергії серед способів утилізації видобутого ЗГ в Україні повинна складати 64,3 %. Згідно з розрахунками за прогностичною моделлю [5] об'єм видобування ЗГ в Україні має складати 32,8 млн. м³/рік. Для реалізації спрогнозованої вище поширеності такого методу утилізації ЗГ, як вироблення електроенергії за допомогою установок комбінованого вироблення тепла та електроенергії, потреби кому-

нального господарства України в когенераційних установках складатимуть 37 одиниць при електричній потужності 160 кВт, тепловій потужності 197 кВт та витратах ЗГ 64,6 м³/год кожної.

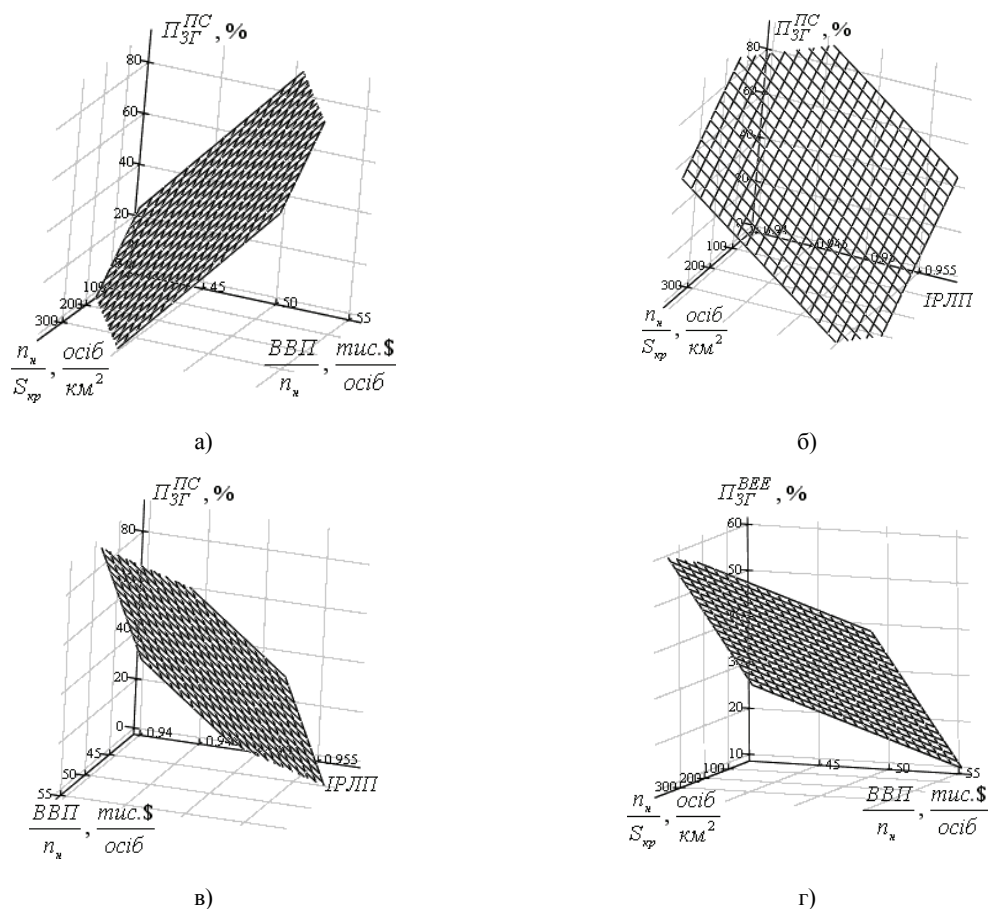


Рис. 2. Поверхні відгуків цільової функції — поширеностей способів утилізації видобутого ЗГ способами прямого спалювання $\Pi_{ЗГ}^{PC}$ та вироблення електроенергії $\Pi_{ЗГ}^{BEE}$ та їх двомірні перерізи в площинах параметрів впливу:

а — $\Pi_{ЗГ}^{PC} = f(n_n/S_{sp}, ВВП/n_n)$; б — $\Pi_{ЗГ}^{PC} = f(n_n/S_{sp}, ІРЛП)$; в — $\Pi_{ЗГ}^{PC} = f(ВВП/n_n, ІРЛП)$; г — $\Pi_{ЗГ}^{BEE} = f(n_n/S_{sp}, ВВП/n_n)$

Висновки

Встановлено, що на поширеність способів утилізації видобутого звалищного газу в різних країнах впливають такі фактори: густина населення країни, величина валового внутрішнього продукту на душу населення, індекс розвитку людського потенціалу. При цьому, найбільше на поширеність утилізації ЗГ способом прямого спалювання впливає індекс розвитку людського потенціалу, а найменше — густина населення; найбільше на поширеність утилізації ЗГ способом вироблення електроенергії впливає ВВП на душу населення, а індекс розвитку людського потенціалу не впливає взагалі.

Отримано адекватні математичні моделі прогнозування поширеності способів утилізації видобутого звалищного газу в різних країнах, які можуть бути використані під час розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з твердими побутовими відходами.

Спрогнозовано потреби комунального господарства України в когенераційних установках для утилізації звалищного газу: 37 одиниць при електричній потужності 160 кВт, тепловій потужності 197 кВт та витратах ЗГ 64,6 м³/год кожної.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Березюк О. В. Розробка математичної моделі прогнозування питомого потенціалу звалищного газу / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2013. — № 2. — С. 39—42.
2. Минько О. И. Экологические и геохимические характеристики свалок твердых бытовых отходов / О. И. Минько, А. Б. Лифшиц // Экологическая химия, 1992. — № 2. — С. 37—47.

3. Гелетуха Г. Г. Обзор технологий добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине / Г. Г. Гелетуха, З. А. Марценюк // Экологические технологии и ресурсосбережение. — 1999. — № 4. — С. 6—14.

4. Березюк О. В. Виявлення параметрів впливу на питомий об'єм видобування звалищного газу / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2012. — № 3. — С. 20—23.

5. Березюк О. В. Моделювання ефективності видобування звалищного газу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2013. — № 6. — С. 21—24.

6. Березюк О. В. Комп'ютерна програма «Планування експерименту» («PlanExp») / О. В. Березюк // Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір № 46876. — К. : Державна служба інтелектуальної власності України. — Дата реєстрації: 21.12.2012.

Рекомендована кафедрою безпеки життєдіяльності

Стаття надійшла до редакції 01.04.2014

Березюк Олег Володимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності, e-mail: berezyukoleg@yandex.ru.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. V. Bereziuk¹

Modeling of prevalence of methods of utilization of dump gas for development of equipment and strategy of handling hard domestic wastes

¹Vinnitsia National Technical University

Parameters that influence on prevalence of methods of utilization of the obtained dump gas in different countries are determined. The mathematical models of prognostication of prevalence of methods of utilization of the obtained dump gas are developed in the paper.

Keywords: mathematical modeling, complex of machines and equipping, utilization, scramble gas, hard domestic waste.

Bereziuk Oleg V. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Security of Life, e-mail: berezyukoleg@yandex.ru

О. В. Березюк¹

Моделирование распространенности способов утилизации свалочного газа для разработки оснащения и стратегии обращения с твердыми бытовыми отходами

¹Винницкий национальный технический университет

Выявлены параметры, которые влияют на распространенность способов утилизации добытого свалочного газа в разных странах. Разработаны математические модели прогнозирования распространенности способов утилизации добытого свалочного газа.

Ключевые слова: математическое моделирование, комплекс машин и оборудования, утилизация, свалочный газ, твердые бытовые отходы.

Березюк Олег Владимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, e-mail: berezyukoleg@yandex.ru