

**УДК 620.9**

**Березюк О.В.**

## **РЕГРЕССИЯ ЗЕЛЕННОГО ТАРИФА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ИЗ БИОМАССЫ**

*Винницкий национальный технический университет, Украина*

Аннотация: Выявлены параметры, от которых зависит зеленый тариф на электроэнергию из биомассы. Получена регрессионная зависимость зеленого тарифа на электроэнергию из биомассы от основных факторов влияния.

Ключевые слова: зеленый тариф, электроэнергия из биомассы, твердые бытовые отходы, регрессионная модель, планирование эксперимента.

**UDC 620.9**

**Bereziuk O.V.**

## **REGRESSION OF GREEN TARIFF FOR ELECTRICITY FROM BIOMASS**

*Vinnytsia national technical University, Ukraine*

Abstract: the parameters on which the green tariff for electricity from biomass depends are revealed. The regression dependence of the green tariff for electricity from biomass on the main factors of influence is obtained.

Key words: green tariff, electricity from biomass, municipal solid wastes, regression model, experiment planning.

Подавляющее большинство твердых бытовых отходов (ТБО) захораниваются на полигонах и свалках [1], в отличие от промышленных отходов [2-5], которые в следствие однородности более легко поддаются переработке. По данным статистики общий потенциал свалочного газа (СГ), образующегося на свалках и полигонах захоронения ТБО в результате разложения их органической фракции (биомассы), в США достигает 13 млрд. м<sup>3</sup>/год, а в странах Европейского Союза почти 9 млрд. м<sup>3</sup>/год [6]. Основным компонентом СГ является метан, эмиссия которого с территорий захоронения ТБО составляет от 1,5 до 70 млн. т/год [7, 8]. Экологическая опасность метана обусловлена возможностью его горизонтального распространения на близлежащие к местам захоронения ТБО территории, накопление в подвалах помещений и, как следствие, созданием взрывоопасных газоздушных смесей при достижении объемной концентрации от 5 до 15 %. Потребность в учете валовой эмиссии метана на данный момент определяется и тем, что этот газ является составной частью национальной квоты веществ, влияющих на смену озонового слоя планеты и парниковый эффект. В то же время СГ, полученный в результате разложения биомассы, может быть альтернативным источником для производства тепловой и электрической энергии, а также источником

финансирования хозяйствующих субъектов. Постановление Кабинета Министров Украины № 265 [9] сформировало базис для разработки Национальной стратегии обращения с ТБО в Украине. Поэтому определение регрессионной зависимости зеленого тарифа на электроэнергию из биомассы от основных факторов влияния является актуальной задачей как одной из составляющих для решения проблемы создания научно-технических основ проектирования высокоэффективных рабочих органов машин для сбора и первичной переработки твердых бытовых отходов.

В статье [10] приводятся статистические данные относительно потенциала СГ в разных странах мира. В работе [11] приведена математическая модель прогнозирования удельного объема добычи СГ. В статье [12] проведено моделирование распространенности способов утилизации СГ. Однако конкретные зависимости, которые бы описывали прогнозирование зеленого тарифа на электроэнергию из биомассы, в результате анализа известных публикаций, нами не выявлены.

Целью исследования является определение регрессионной зависимости зеленого тарифа на электроэнергию из биомассы от основных факторов влияния для решения проблемы создания научно-технических основ проектирования высокоэффективных рабочих органов машин для сбора и первичной переработки твердых бытовых отходов.

Среди параметров, влияющих на зеленый тариф на электроэнергию из биомассы в разных странах, рассматривались такие: плотность населения страны, величина валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения, индекс развития человеческого потенциала и средняя географическая широта страны, значения которых приведены в табл. 1. В отличие от абсолютных параметров, относительные позволяют сравнивать страны с разными уровнями развития экономики и человеческого потенциала, количеством населения, площадями территории и климатическими условиями.

Таблица 1

Зеленый тариф на электроэнергию из биомассы в разных странах

Страна	Зеленый тариф на электроэнергию, евроцентов/кВт·час [13]	Факторы влияния			
		Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	ВВП на душу населения, тыс. \$/чел.	Индекс развития человеческого потенциала	Средняя широта, ° с. ш.
Франция	11,9	114	45,858	0,955	46,7
Италия	28	196	39,565	0,945	41,28
Испания	17,16	79,7	35,557	0,949	39,5
Германия	22,67	230	40,415	0,94	51,17
Чехия	19	134	18,579	0,891	49,81
Австрия	14,98	97	36	0,951	47,69
Болгария	13,04	64	7,924	0,813	42,72
Украина	14,54	76	7,532	0,786	48,38

По данным табл. 1, используя планирование эксперимента с помощью ротатабельного центрального композиционного планирования второго порядка применяя разработанное программное обеспечение, защищенное свидетельством на производство и детально описанное в работе [14], получено уравнение регрессии, описывающее зеленый тариф на электроэнергию из биомассы в разных странах от основных параметров влияния и после отбрасывания незначимых факторов, их квадратичных эффектов и эффектов взаимодействия выглядит следующим образом

$$T_z = 0,1391 \frac{n_n}{S_{стр}} - 8,911 \frac{ВВП}{n_n} + 0,4592 Ш + 10,65 \frac{ВВП}{n_n} ИРЧП - 0,02996 \frac{ВВП}{n_n} Ш - 0,007726 \left( \frac{ВВП}{n_n} \right)^2 - 2,86, \quad (1)$$

где  $n_n/S_{стр}$  – густота населения страны, чел./км<sup>2</sup>;  $ВВП/n_n$  – ВВП на душу населения, тыс. \$/чел.;  $n_n$  – количество населения страны, чел;  $S_{стр}$  – площадь территории страны, км<sup>2</sup>;  $ИРЧП$  – индекс развития человеческого потенциала ( $ИРЧП = 0...1$ );  $Ш$  – средняя географическая широта, ° с. ш.

Установлено, что по критерию Фишера гипотезу об адекватности регрессионной модели (1) можно считать правильной с 95%-й достоверностью. Коэффициент корреляции составил 0,99997, что свидетельствует о достаточной достоверности полученных результатов. Сравнение фактического и теоретического зеленого тарифа на электроэнергию из биомассы, ранжированных в порядке убывания, приведено на рис. 1.



Рис. 1. Сравнение фактического и теоретического зеленого тарифа на электроэнергию из биомассы

Из рис. 1 видно, что теоретический зеленый тариф на электроэнергию из биомассы, рассчитанный с помощью регрессионной модели (1), несущественно отличается от фактических данных, что подтверждает достаточную

достоверность полученной зависимости, которая может быть использована при создании научно-технических основ проектирования высокоэффективных рабочих органов машин для сбора и первичной переработки ТБО.

На рис. 2 показаны поверхности откликов целевой функции – зеленого тарифа на электроэнергию из биомассы и их двумерные сечения в плоскостях параметров влияния, позволяющие наглядно отобразить зависимость (1) и характер одновременного влияния нескольких факторов на целевую функцию.

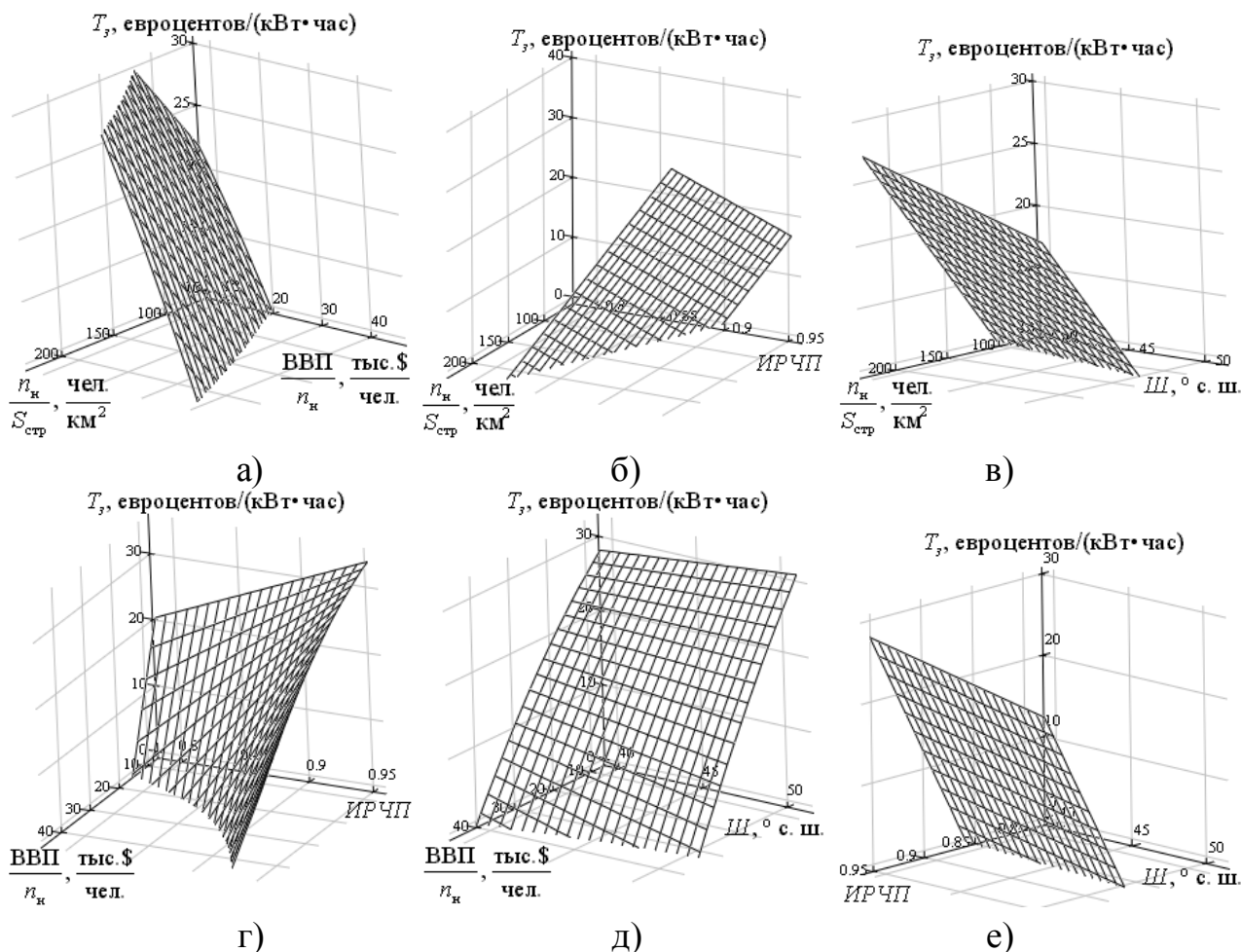


Рис. 2. Поверхности откликов целевой функции – зеленый тариф на электроэнергию из биомассы и их двумерные сечения в плоскостях параметров влияния: а)  $T_z = f(n_n/S_{кр}, ВВП/n_n)$ ; б)  $T_z = f(n_n/S_{кр}, ИРЛП)$ ; в)  $T_z = f(n_n/S_{кр}, Ш)$ ; г)  $T_z = f(ВВП/n_n, ИРЛП)$ ; д)  $T_z = f(ВВП/n_n, Ш)$ ; е)  $T_z = f(ИРЛП, Ш)$

Итак, установлено, что зеленый тариф на электроэнергию из биомассы в разных странах зависит от таких факторов: плотность населения страны, величина валового внутреннего продукта на душу населения, индекс развития человеческого потенциала, средняя географическая широта страны.

Получена адекватная математическая модель зеленого тарифа на электроэнергию из биомассы в разных странах в виде квадратичной регрессии с эффектами взаимодействий 1-го порядка, которая может быть использована

при создании научно-технических основ проектирования высокоэффективных рабочих органов машин для сбора и первичной переработки твердых бытовых отходов.

#### Список литературы

1. Портал України з поводження з твердими побутовими відходами. – Режим доступу: <http://www.ukrwaste.com.ua>.
2. Сердюк В.Р., Лемешев М.С., Христич О.В. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. 2009. № 33. С. 57-62.
3. Очеретний В.П., Ковальський В.П., Машницький М.П. Активація компонентів цементнозольних композицій лужними відходами глиноземного виробництва // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2006. № 4. С. 5-19.
4. Очеретний В.П., Ковальський В.П. Дрібноштучні стінові матеріали з використанням відходів промисловості // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2005. № 1. С. 16-21.
5. Христич О.В., Лемешев М.С. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізувального випромінювання // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 1998. № 2. С. 18.
6. Техніко-економічне обґрунтування "Програми утилізації звалищного метану в Луганській області за допомогою механізмів Кітського протоколу". Луганськ, 2008. 124 с.
7. Исидоров В.А. Органическая химия атмосферы. СПб.: Химия, 1992. 288 с.
8. Минько О.И., Лифшиц А.Б. Экологические и геохимические характеристики свалок твердых бытовых отходов // Экологическая химия, 1992. № 2. С. 37-47.
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 березня 2004 року № 265 "Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами".
10. Гелетуха Г.Г., Марценюк З.А. Обзор технологий добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине // Экологические технологии и ресурсосбережение, 1999. № 4. С. 6-14.
11. Березюк О.В. Виявлення параметрів впливу на питомий об'єм видобування звалищного газу // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2012. № 3. С. 20-23.
12. Березюк О.В. Моделювання поширеності способів утилізації звалищного газу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2014. № 5. С. 65-68.
13. Техніко-економічне обґрунтування до Закону України «Про внесення змін до деяких законів України щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії» // Відомості Верховної Ради. 2017. № 4. С. 47.
14. Березюк О.В. Моделювання компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттєвозі на основі комп'ютерної програми "PlanExp" // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2016. № 6. С. 23-28.