

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

КОЗАК ІВАН РОМАНОВИЧ

УДК 628.47

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ ЗІ ЗВАЛИЩ ТА
ПОЛІГОНІВ ТПВ В ЯКОСТІ ПОНОВЛЮВАНОВОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2019

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Тарасенко Микола Григорович,
завідувач кафедри «Електричної інженерії»
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат технічних наук, доцент
Габрусєва Ірина Юрїївна,
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться «28» грудня 2019 р. о 10 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 41 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопроіль, вул. Микулинецька 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитися в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою <http://elartu.tntu.edu.ua/>

Секретар
Екзаменаційної комісії № 41

Коцюрко Р.В.

Актуальність теми роботи. Кількість полігонів і звалищ ТПВ в Україні сягає 4500 одиниць, на яких складається близько 97% ТПВ. Останніми роками згідно з Кіотським протоколом на деяких полігонах були побудовані системи збору БГ, який у більшості випадків спалюється. Одним з основних напрямів державної політики України є максимізація використання альтернативних джерел енергії, але енергетичний потенціал полігонів ТПВ як і раніше практично не використовується.

Для ухвалення рішення про можливість енергетичного використання або застосування інших методів скорочення викидів БГ, необхідно спрогнозувати кількість, якість і динаміку виходу БГ, які визначаються багатьма чинниками. Полігони ТПВ є мало вивченими складними реакторами з різноманітністю біологічних і фізико-хімічних процесів, які практично не відображаються в існуючих спрощених моделях газоутворення, які не застосовуються на практиці. Крім того, ці моделі розроблені для західних країн і цілком не враховують специфічні особливості окремих країн (особливості експлуатації полігонів, економічні і природно-кліматичні умови). Усі ці невизначеності призводять до значної різниці в прогнозованих і реально досягнутих значеннях об'єму газу, особливо на старих полігонах, де відсутні достовірні дані про історію експлуатації полігонів. Тому в світі тривають калібрування існуючих, і створюються нові «національні» моделі газоутворення, які вимагають дослідження характеристик і процесів газоутворення. **Актуальність теми** дипломної роботи визначається необхідністю отримання достовірних даних про особливості газоутворення на полігонах ТПВ в умовах України, створення адаптованої національної моделі газоутворення і оцінки потенціалу використання БГ з полігонів ТПВ в якості поновлюваного джерела енергії.

Метою дипломної роботи є дослідження особливостей процесу утворення БГ на полігонах ТПВ України, визначенні існуючих об'ємів і потенціалу енергетичного використання БГ, а також шляхів його нарощування, в цілях скорочення негативної дії полігонів ТПВ на довкілля і збільшенні використання БГ з ТПВ в якості поновлюваного джерела енергії. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання досліджень:

- визначити внутрішню будову звалища та полігону ТПВ, фізико-механічні і гідродинамічні властивості відходів та швидкість утворення біогазу;
- дослідити характер просторового розподілу тиску і температури в пористому середовищі звалища та полігону ТПВ навколо свердловини при різних режимах відкачування біогазу;
- визначити залежності дебіту та радіусу дії свердловини від її експлуатаційних та конструктивних параметрів; розробити рекомендації щодо проектування свердловин вертикальних систем збору біогазу;
- оцінити екологічні та техніко-економічні показники вертикальних систем збору біогазу з свердловинами різної продуктивності.

Об'єктом дослідження є процеси газоутворення на полігонах ТПВ.

Предметом дослідження є вплив характеристик відходів (гідро- і теплофізичних і морфологічних), кліматичних чинників (температури, рівня опадів) експлуатаційних факторів (шару ущільнення, наявності покриваючого

шару, швидкості нарощування полігону) на кількість, динаміку утворення, склад БГ і потенціал енергетичного використання БГ на полігонах ТПВ.

Методи дослідження. Поставлені задачі вирішувались на основі:

а) теоретичні дослідження процесів гідродинаміки та теплообміну проведені методом математичного моделювання чисельними методами з використанням програмного пакету *Phoenix*; б) методів планування експерименту і математичної обробки експериментальних даних з використанням програми *Microsoft Office Excel*; в) оцінка екологічних та техніко-економічних показників систем збору біогазу виконана методами розрахункового аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні та вирішенні науково-технічної задачі підвищення адекватності та оцінки енергоефективності використання біогазу для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії з місцевих видів палива. При цьому одержано такі наукові результати:

1. Запропоновано схеми утилізації біогазу для полігону твердих побутових відходів, що обслуговує населений пункт з населенням 500 тисяч чоловік.

2. Показана технологічна та технічна перспектива можливості використання у майбутньому біогазу як палива для автотранспорту.

3. Оцінка екологічних та техніко-економічних характеристик систем збору біогазу з свердловинами різної продуктивності показала, що на полігоні зміна параметрів свердловини призводить до зміни її продуктивності та терміну окупності проекту перетворення біогазу в електроенергію в широких межах. На звалищі вибір параметрів свердловини істотно обмежений інфільтрацією повітря, яка не дозволяє суттєво збільшити її продуктивність та відповідно зменшити термін окупності проекту перетворення біогазу в електроенергію.

Практичне значення одержаних результатів. Результати теоретичних досліджень швидкості утворення біогазу та методика розрахунку економічних показників систем збору біогазу можуть бути використані при підготовці техніко-економічного обґрунтування спорудження систем збору та утилізації біогазу на звалищах ТПВ в Україні.

Апробація результатів дипломної. Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року, м. Тернопіль).

Структура і обсяг роботи. Дипломна робота магістра складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел із 31 найменування на 5-ти сторінках. Загальний обсяг дипломної роботи становить 110 сторінок, з них 56 основного тексту, 29 рисунків та 16 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, показано зв'язок із науковими програмами, планами, темами, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів,

наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

У першому розділі проведено аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами, обґрунтовано актуальність роботи, виконано постановку задачі на дипломну роботу.

У другому розділі для оцінки енергетичної ефективності застосування біогазових установок на полігонах твердих побутових відходів України розглянуто різні способи утилізації БГ для полігону ТПВ, що обслуговує населений пункт з населенням 500 тисяч чоловік.

Першим способом утилізації БГ розглянуто спалювання на факелі. До складу технологічної схеми спалювання включена система збору біогазу і факельна установка компанії *Hofstetter (HOFGAS - Ready)*, як найчастіше використовуваний варіант устаткування у вже реалізованих проектах в Україні.

Наступним способом утилізації БГ є його використання в когенераційних установках з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) для виробництва електроенергії. До складу технологічної схеми проекту, окрім системи збору і факельної установки, включені ДВЗ компанії *GE Jenbacher* потужністю 650 кВт.

Останнім варіантом розглянутий спосіб очищення БГ від домішок (вуглекислий газ і азот), його стискування і накопичення в резервуарі з метою продажу метану в якості палива для автомобілів. Технологічна схема проекту, окрім системи збору БГ і факельної установки, включала систему очищення (сепаратор, компресор, абсорбція і регенеративні очисні колони від вуглекислого газу, дожимний компресор, накопичувальний резервуар), а також газозаправну колонку.

У третьому розділі виконано опис типових програмних засобів використаних у магістерській роботі, а також наведений алгоритм програми для теплового розрахунку когенераційної установки яка працює на біогазі.

В четвертому розділі Техніко-економічне обґрунтування енергетичної утилізації БГ проводилося для полігонів твердих ТПВ, які обслуговують міста з населенням від 100 тис. до 1 млн. жителів за умови виробництва електроенергії і продажу її в мережу за зеленим тарифом (ставка зеленого тарифу для біомаси - 1,26 грн/кВт·год (без ПДВ) з 01.07.2015 р. по 31.12.2019 р). Передбачалося, що норма утворення відходів складає 350 кг/рік на одного жителя, усі відходи вивозяться на полігон, термін експлуатації полігону 10 років, збір і утилізація БГ починається відразу після закриття полігону. Таким чином, аналіз альтернативних способів утилізації БГ - спалювання в котельнях і печах, заміщення природного газу (ПГ) - показав, що їх економічна привабливість залежить від вартості ПГ, що заміщається. Собівартість БГ в перерахунку на метан без урахування витрат на транспортування до споживача коливається від 1064 до 3936 гривень за 1000 м³ для проектів з населенням 100 і 1000 тис. відповідно. При застосуванні цін для промислових підприємств і бюджетного сектора (6,88 грн/м³ ПГ) навіть дрібномасштабні проекти рентабельні. У разі ж застосування цін для ЖКГ і населення (1,18-4,01 грн/ м³ ПГ) навіть великі проекти є низькорентабельними.

Способи прямого заміщення ПГ, пов'язані зі збагаченням БГ (подача в газові мережі, автомобільне паливо), можуть бути доцільними тільки у виняткових випадках для великих проектів.

В п'ятому розділі розглянуті питання охорони праці та техніки безпеки при виробництві біогазу та експлуатації біогазових установок, були визначені умови що впливають на протипожежну стійкість об'єкту.

В шостому розділі розглянуто питання впливу застосування біогазових установок на полігонах твердих побутових відходів на навколишнє середовище. Збір біогазу і його утилізація мають істотний позитивний вплив на стан навколишнього середовища. Скорочується емісії парникових і вибухо-небезпечних газів, неприємних запахів від газів і від пожеж, що викликаються ними, запобігають вибухи, знижується збиток, що наноситься живій природі.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що теоретично можливий потенціал генерації біогазу визначається кількістю вивезених на полігони України ТПВ і долі ТПВ, що розкладаються в аеробних умовах без утворення метану. Технічно досяжний потенціал збору БГ визначається ефективністю збору БГ на полігонах різної величини. Економічний потенціал енергетичної утилізації БГ визначається доцільністю використання БГ на полігонах, обслуговуючих міста з населенням не менше 100 тисяч мешканців.

2. Розглянуто існуючі технології отримання біогазу з діючих та закритих полігонів твердих побутових відходів.

3. Запропоновано схеми утилізації біогазу для полігону твердих побутових відходів, що обслуговує населений пункт з населенням 500 тисяч чоловік, з одночасним виробництвом електричної чи теплової енергії

4. Доведено, що економічна привабливість біогазу залежить від вартості природного газу, що заміщається. Собівартість біогазу в перерахунку на метан без врахування витрат на транспортування до споживача коливається від 1064 до 3936 гривень за 1000 м³ для проектів із населенням 1 млн. і 100 тис. відповідно. При застосуванні цін для промислових підприємств і бюджетного сектору (6,88 грн/м³ природного газу) навіть дрібномасштабні проекти рентабельні. У разі ж застосування цін для ЖКГ і населення (1,18-4,01 грн/ м³ природного газу) ці проекти є низькорентабельними. Способи прямого заміщення природного газу, пов'язані із збагаченням біогазу (подача в газові мережі, автомобільне паливо), можуть бути доцільними тільки у виняткових випадках для великих проектів.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

Козак І.Р. Енергоефективність використання біогазу зі звалищ та полігонів ТПВ в якості поновлюваного джерела енергії. // М.Г. Тарасенко, І.Р. Козак // Збірник тез доповідей. Матеріали VIII міжнародної науково - технічної конференції

«Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, 27 - 28 листопада 2019р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя – Т.: ТНТУ, 2019. – Т.3. С. 40.

АНОТАЦІЯ

Козак І.Р. Енергоефективність використання біогазу зі звалищ та полігонів ТПВ в якості поновлюваного джерела енергії. – **Рукопис.**

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університету імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Проведено оцінку існуючих технологій отримання біогазу з діючих полігонів твердих побутових відходів. Показана технологічна та технічна перспектива використання у майбутньому біогазу як місцевого виду палива для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії.

Ключові слова: біогаз, тверді побутові відходи, полігон, утилізація, переробка, захоронення, енергетична ефективність.

ANNOTATION

Kozak Ivan. Energy efficiency of biogas usage from dumps and landfills of solid domestic waste as a renewable energy source – **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2019.

An estimation of existing technologies for obtaining biogas from existing solid waste landfills is carried out. The technological and technical perspective of future use of biogas as a local fuel for combined heat and power generation is shown.

Key words: biogas, solid household waste, landfill, utilization, recycling, disposal, energy efficiency.