

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

МАЛЬЧИК ОЛЕГ ІГОРОВИЧ

УДК 504-064.47

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ ДЛЯ
КОМБІНОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ
ЕНЕРГІЇ З МІСЦЕВИХ ВИДІВ ПАЛИВА**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2018

Дипломною роботою магістра є рукопис

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

Науковий керівник

кандидат технічних наук, доцент кафедри енерго-збереження та енергетичного менеджменту
Зінь Мирослав Михайлович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент

кандидат технічних наук, доцент кафедри систем електроспоживання та комп'ютерних технологій в електроенергетиці
Сисак Іван Михайлович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "25" лютого 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 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. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

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

*Секретар
екзаменаційної комісії № 38*

Коцюрко Р.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

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 (окремі) положення та результати дипломної роботи оприлюднені та обговорені на: VI міжнародній науково-технічній конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль - м. Яремче, 2 лютого 2018 р.).

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. На рис.1 показано узагальнений опис проекту.

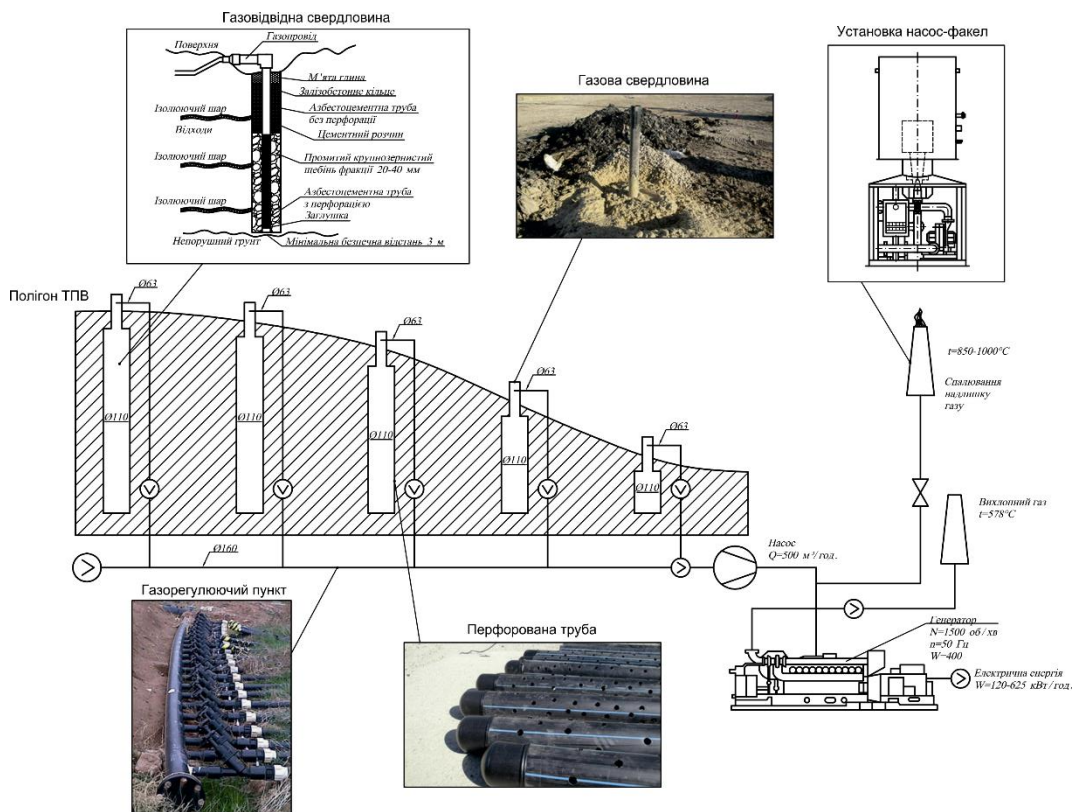


Рис.1. Схема утилізації біогазу для полігону ТПВ

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 стискання 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 дрібно-масштабні 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 енергетичне використання біогазу залежить від вмісту горючого компонента – метану. Біогаз з твердих побутових відходів має теплотворну здатність у діапазоні 16...20 МДж/м³, що відповідає вмісту метану 45...55%. При вмісті метану вище 45% біогаз може утилізуватися в двигунах

внутрішнього згорання від 35% і вище, може згорати в печах чи котлах, від 20% - спалюватись на факелі.

2. Запропоновано схему утилізації біогазу для полігону твердих побутових відходів, що обслуговує населений пункт з населенням 500 тисяч чоловік, з одночасним виробництвом електричної чи теплової енергії та спалювання надлишків з допомогою факела.

3. Показана технологічна, технічна, економічна перспектива використання в майбутньому біогазу як палива для автотранспорту. Встановлено, що двигун, який працює на газі, рідше потребує технічного обслуговування і є більш екологічним.

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 (6,24 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

1. Мальчик. О. Енергоефективність використання біогазу для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії з місцевих видів палива / О. Мальчик, М. Зінь, В. Гетманюк // Тези VI міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи». – Тернопіль - м. Яремче: ТНТУ ім. І. Пулюя. – 2018. – С.91.

АНОТАЦІЯ

Мальчик О. Енергоефективність використання біогазу для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії з місцевих видів палива. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

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**Malchyk O. Energy efficiency of the biogas usage for combined production of heat and electrical energy from local fuels. - Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 – Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

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.