

Подільський державний університет
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

**Визначення енергетичного потенціалу стічних вод для
виробництва біогазу**

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми навчання
освітнього ступеня «Магістр», освітньо-
професійної програми «Енергетичний
менеджмент» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ **Назарій ГОЖДА**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____ **Віктор ДУБІК**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«___» _____ 2023 р.

Керівник проектної групи
(гарант освітньої програми)

«Енергетичний менеджмент»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Олег ТКАЧ**

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ДОБУВАННЯ БІОГАЗУ З СТІЧНИХ ВОД	Ошибка! Закладка не определена.
1.1. Осад стічних вод, як джерело енергії. Ошибка! Закладка не определена.	
1.1.1 Походження стічних вод	Ошибка! Закладка не определена.
1.1.2 Основні принципи обробки осаду на очисних спорудах.....	Ошибка! Закладка не определена.
Закладка не определена.	
1.1.3 Технологічні схеми обробки осаду стічних вод	Ошибка! Закладка не определена.
не определена.	
1.1.4 Гравітаційні мулоушільнювачі... Ошибка! Закладка не определена.	
1.2. Стабілізація осаду	Ошибка! Закладка не определена.
1.2.1 Принципи анаеробного бродіння	Ошибка! Закладка не определена.
1.2.2. Мезофільне зброджування.....	Ошибка! Закладка не определена.
Висновки до розділу	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 2. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АНАЕРОБНОГО БРОДІННЯ	Ошибка! Закладка не определена.
2.1. Аналіз технологічного процесу очистки води.	Ошибка! Закладка не определена.
не определена.	
2.2. Постановка задачі моделювання	Ошибка! Закладка не определена.
2.3. Результати розрахунків	Ошибка! Закладка не определена.
Висновки до розділу	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ГЕОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ МЕТАНТЕНКУ	Ошибка! Закладка не определена.
Закладка не определена.	

3.1 Аналіз роботи системи обігріву метантенку **Ошибка! Закладка не определена.**

3.2 Моделювання в програмному середовищі SolidWorks **Ошибка! Закладка не определена.**

Висновки до розділу **Ошибка! Закладка не определена.**

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БІОГАЗОВОЇ
УСНОВКИ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

4.1. Розрахунок техніко-економічних показників **Ошибка! Закладка не определена.**

4.2. Перспективна оцінка проекту **Ошибка! Закладка не определена.**

Висновки до розділу **Ошибка! Закладка не определена.**

ВИСНОВКИ..... 9

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 12

ВСТУП

Покращення ефективності використання енергії на водоочисних станціях визнається важливим завданням, оскільки витрати на очистку стічних вод часто становлять величезну частину витрат у водопровідно-каналізаційному секторі, коливаючись від 25% до 50% загальних витрат. Технології очищення, такі як установки обробки стічних вод активним мулом, вимагають значних енергетичних витрат, становлячи від 30% до 80% загального енергоспоживання на водоочисних станціях. Питання інфільтрації ґрунтових і дощових вод у каналізаційну мережу є ще однією важливою проблемою, оскільки це призводить до збільшення витрат води та перевантаження водоочисної станції, викликаючи додаткове навантаження на устаткування і насоси. Використання відповідних матеріалів для труб і з'єднань, таких як полівінілхлорид, у каналізаційних колекторах може допомогти зменшити інфільтрацію. Додатково, використання байпасних ліній на вході водоочисну станцію може регулювати надлишковий потік від насосної станції.

Передочищення комунально-побутових стічних вод включає фізичне видалення твердих речовин, використовуючи технології, такі як груба фільтрація. Процес первинного очищення передбачає видалення твердих і плаваючих частинок у відстійниках. Хоча більшість процесів первинного очищення не вимагають значних енергетичних витрат, існує можливість оптимізації їх ефективності. Наприклад, подрібнення великих відходів у стічних водах може вимагати менше енергії, ніж використання дробарок на етапі вторинного очищення. Тим не менше, важливо зберігати баланс між фізичним видаленням і енергетичними витратами. Для вторинного очищення, яке є більш енергоємним, необхідні заходи щодо підвищення його ефективності, що може призвести до суттєвих економічних вигід.

Актуальність роботи. Зведені у 50-х роках минулого століття очисні споруди в сучасних умовах виявляються не тільки морально та технологічно застарілими, але й неефективними та високими за експлуатацію. Значна частина

цих споруд втратила свою дієздатність, не відповідає сучасним вимогам та практично припинила виконувати свою основну функцію.

У зв'язку з цим обґрунтованою вважається необхідність будівництва нових очисних споруд з використанням передових технологій, зокрема, впровадженням процесів добування біогазу зі стічних вод. Такий підхід не тільки сприятиме оптимізації експлуатаційних витрат, а й вирішить проблему відновлення дієздатності системи очищення води.

Важливо відзначити, що ефективність запропонованого проекту визначається, головним чином, прибутковістю від продажу електричної енергії. Враховуючи великий потенціал біогазу, який може бути вилучений зі стічних вод, проект має потенціал стати не тільки технологічною новацією, але й значущим внеском у вирішення проблем енергетичної ефективності та екологічної стійкості.

Мета і завдання дослідження.

Метою даного дослідження є визначення енергетичного потенціалу стічних вод і розгляд можливостей використання виробленого біогазу для забезпечення енергією об'єктів, розташованих на території очисних споруд. Основним завданням дослідження є визначення виходу біогазу зі стічних вод та оптимізація процесу підтримання температури бродіння в метантенку.

Для досягнення цієї мети, дослідження буде фокусуватися на аналізі енергетичного потенціалу, який може бути видобутий з обробки стічних вод та подальшого видобутку біогазу. Оптимізація процесу утримання температури бродіння в метантенку стане ключовим елементом, спрямованим на максимізацію виробництва біогазу з ефективністю та економією енергії.

Ці дослідження можуть сприяти вдосконаленню технологічних процесів на очисних спорудах, забезпечуючи одночасно не лише оптимальне використання енергетичного потенціалу стічних вод, а й сприяючи стійкості та сталому енергозабезпеченню об'єктів на їх території.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є каналізаційні очисні споруди м. Хмельницька, розташовані в Хмельницькій області. Ці споруди визначаються як ключова частина

інфраструктури для обробки стічних вод у даному регіоні. Дослідження буде зосереджене на аналізі енергетичного потенціалу стічних вод, зокрема на вивченні можливостей видобутку біогазу, який може бути використаний для енергозабезпечення об'єктів, пов'язаних із каналізаційними очисними спорудами.

Проведення досліджень на цьому об'єкті надасть можливість визначити ефективність поточних технологій очищення стічних вод та перспективи використання відновлюваної енергії з біогазу. Такий підхід може призвести до оптимізації експлуатаційних витрат та зростання стійкості енергозабезпечення на даній території.

Предмет дослідження:

Предметом дослідження є процес видобутку біогазу зі стічних вод каналізаційних очисних споруд м. Хмельницька під час анаеробного бродіння в ферментаторі. Дослідження спрямоване на вивчення ефективності цього процесу та оптимізацію умов бродіння для максимізації виходу біогазу.

Основні аспекти, які будуть вивчені, включають кількість та склад біогазу, виділеного під час анаеробного бродіння, а також визначення оптимальних параметрів управління ферментатором для забезпечення найвищого виходу біогазу. Ці дослідження можуть допомогти вдосконалити технологічні процеси на каналізаційних очисних спорудах та сприяти ефективному використанню відновлюваної енергії зі стічних вод.

Методи дослідження

Для досягнення поставлених завдань та мети дослідження використовувалися наступні методи:

Узагальнення відомих наукових і технічних результатів: Аналіз та узагальнення попередніх наукових досліджень та технічних розробок у галузі обробки стічних вод та використання біогазу.

Фундаментальні методи теорії тепло переносу: Використання теоретичних підходів та моделювання теплопереносу для оптимізації процесу підтримання температури бродіння в метантенку.

Методи визначення основних економічних параметрів об'єктів: Аналіз та розрахунок економічних показників для визначення доцільності використання біогазу для енергозабезпечення об'єктів на території очисних споруд.

Ці методи дозволили здійснити комплексний підхід до дослідження та оптимізації процесів, пов'язаних із використанням стічних вод для видобутку біогазу, а також ефективного енергозабезпечення об'єктів на території очисних споруд м. Хмельницька.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна запропонованого дослідження полягає в наступних аспектах:

Визначена ефективність використання біогазу: Проведено комплексний аналіз та визначено ефективність використання біогазу, отриманого із стічних вод каналізаційних споруд . Це визначення враховує не лише кількість видобутого біогазу, а й його потенціал для забезпечення енергією об'єктів на території споруд.

Аналіз системи підігріву метантенку: Проведено докладний аналіз системи підігріву метантенку за допомогою підводу теплоти по трубкам, розташованим зовні ферментатора. Цей аспект враховує оптимальний спосіб підтримання температури бродіння для максимізації виходу біогазу.

Розглянуті методи економічної оцінки: Проведено дослідження, в рамках якого розглянуті та застосовані методи економічної оцінки ефективності біогазової установки. Це включає в себе аналіз вартості та доцільності проекту з використанням біогазу для енергозабезпечення.

Зазначені аспекти вносять вагому наукову та практичну цінність у галузь використання біогазу зі стічних вод, сприяючи оптимізації технологічних процесів та раціональному використанню енергетичних ресурсів на каналізаційних очисних спорудах.

Практичне значення одержаних результатів

Результати даної роботи мають важливе практичне значення в контексті систем отримання біогазу зі стічних вод. Ця робота виступає альтернативним

рішенням при модернізації існуючих старих очисних споруд та будівництві нових, враховуючи утилізацію та використання активного мулу для виробництва біогазу.

Практичне значення полягає в наступному:

Модернізація існуючих очисних споруд: Розроблені методи та технології можуть бути використані для покращення ефективності та енергетичної стійкості старих очисних споруд, забезпечуючи їхню більш екологічну та енергоефективну роботу.

Будівництво нових очисних споруд: Розроблені підходи можуть бути враховані при проектуванні та будівництві нових очисних споруд з урахуванням можливостей використання біогазу. Це сприяє створенню більш сталих та інноваційних систем обробки стічних вод.

Утилізація та використання активного мулу: Активний мул, який виникає в результаті очистки стічних вод, може бути використаний як джерело біогазу, що підвищує ефективність використання ресурсів та зменшує вплив на навколишнє середовище.

Отже, ця робота вносить вагомий внесок у практику водоочисних технологій, пропонуючи новаторські методи використання стічних вод для отримання біогазу в умовах модернізації та будівництва очисних споруд.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи

Ефективне використання енергії стан і перспективи. Всеукраїнська студентська науково-практична конференція. 9 листопада 2023 р. (ЗВО «ПДУ», м. Кам'янець-Подільський).

Публікації

ГОЖДА Назарій. АНАЛІЗ ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОБРОБКИ ОСАДУ НА ОЧИСНИХ СПОРУДАХ / ГОЖДА Назарій, Віктор ДУБІК, Дарія ВІЛЬЧИНСЬКА // Ефективне використання енергії стан і перспективи: збірник наукових праць III Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції. 9 листопада 2023 р. (ЗВО «ПДУ», м. Кам'янець-Подільський). – Кам'янець-Подільський, 2023. – С..

ВИСНОВКИ

1. Каналізаційні (аераційні) гази стають перспективним вирішенням у сфері відновлювальних джерел енергії, що виникають як продукт бродіння стічних вод міської каналізації. Цей вид газу, визначений як різновид біогазу, відкриває нові можливості для використання відходів у сфері енергетики та екології.

2. Значна вологість осаду стічних вод, коливаючись в межах 93,0-99,5%, є ключовим фактором у виробництві біогазу. Під час ущільнення осаду, при відносно невеликих витратах енергії, вміст сухої речовини в осаді збільшується за рахунок зниження вмісту вологи. Цей процес виявляється важливим етапом перед подальшим зброджуванням чи зневодненням на очисних спорудах, що функціонують без зброджування. Така попередня обробка сприяє ефективнішому використанню осаду, спрощує процеси очищення та підвищує енергетичні показники виробництва біогазу.

3. Застосування програмного забезпечення AQUASIM-CASE 2 виявилось ключовим для розрахунку потенційного об'єму біогазу, виробленого зі стічних вод каналізаційних очисних споруд у місті Хмельницький, Хмельницькій області, розташованих на території Полтавського . За результатами досліджень, виявлено, що вихід біогазу становить вражаючі 16 000 м³ щоденно, при об'ємі досліджуваного субстрату у розмірі 2900 м³. Ці дані свідчать про великий потенціал для використання стічних вод як джерела відновлюваної енергії, а також підкреслюють важливість використання сучасних технологій для точних розрахунків у сфері виробництва біогазу

4. Склад газу на 15-й день бродіння:

- CH₄ – 70 % ;
- CO₂ – 27 % ;
- H₂ – 3 %.

5. Виявлено, що присутність жирних кислот у стічній воді вказує на негативний вплив на процес виробництва біогазу, спричинюючи його повільний вихід. Лише після ефективного зниження рівня жирних кислот, майже до нуля,

можна очікувати стабільний та максимальний вихід біогазу. Це підкреслює необхідність контролю та оптимізації складу стічних вод для покращення ефективності та стабільності виробництва біогазу.

6. Анаеробний процес зброджування ефективно відбувається при мезофільних температурах, приблизно в межах 35-40 °С. Такий температурний режим виявляється найбільш підходящим для наших кліматичних зон, оскільки він забезпечує стабільність процесу та уникнення значних температурних коливань субстрату, які можуть коливатись в діапазоні 2-3 °С. Ця оптимальна температура сприяє ефективному та продуктивному зброджуванню, що робить її ідеальним вибором для експлуатації в кліматичних умовах нашого регіону.

7. Виявлено, що процес підігріву субстрату за допомогою розміщення трубок в середині ферментатора є менш ефективним. Це обумовлено тим, що в процесі бродіння спостерігається налипання частинок на поверхні трубок, що призводить до погіршення теплообміну. Крім того, такий спосіб підігріву супроводжується проблемами у процесі обслуговування та експлуатації. Ці визначені недоліки вказують на необхідність розгляду більш ефективних методів підтримання оптимальної температури в процесі бродіння для підвищення продуктивності та зменшення витрат енергії.

8. Використання системи підводу теплоти з зовнішнім розташуванням трубок на поверхні ферментатора виявилось дуже ефективним рішенням. Дана система продемонструвала здатність забезпечувати всі необхідні параметри для стабільного процесу бродіння. Такий підхід не тільки покращив ефективність теплообміну, але й дозволив уникнути проблем, пов'язаних з налипанням частинок на трубках, які можуть виникнути при внутрішньому розташуванні. Це свідчить про важливий крок у напрямку оптимізації енергетичних процесів та забезпечення ефективності управління біогазовим виробництвом.

9. Визначено вплив розташування труб на обігрів стінок ферментатора. Виявлено, що оптимальний крок для круглих трубок діаметром 25 мм становить 50 мм. Запровадження квадратних трубок розмірами 24x24 мм дозволяє збільшити цей крок до 80 мм. Це важливе відкриття не лише підвищує ефективність обігріву,

але і спрощує конструкцію ферментатора, враховуючи можливість збереження оптимальних температурних умов для бродіння.

10. Дослідження показало, що відсутність перемішування призводила до перегріву субстрату в пристінному шарі до температури 46 °С, хоча в середині вона відповідала мезофільному режиму ферментації. Використання системи перемішування субстрату сприяє вирівнюванню його середньої температури та уникненню перегріву в пристінному шарі, що важливо для забезпечення оптимальних умов бродіння та підтримання ефективності ферментаційного процесу.

11. У зимовий період визначено, що для забезпечення мезофільного режиму бродіння необхідно передати 247,8 кВт теплоти. У літній період це значення складає 161,26 кВт. Ці дані свідчать про необхідність врахування сезонних варіацій та ефективного теплового регулювання для підтримання сталої температурної обстановки під час бродіння в різні періоди року.

12. Капітальні витрати на створення біогазової установки, включаючи 3 метантенки, газгольдер і пристрої для утилізації біогазу на базі очисних споруд м. Хмельницька, складають 5400 тис. доларів. Це важливий показник, який відображає фінансові витрати на реалізацію проекту та встановлення біогазової системи в місті.

13. Ефект від отримання товарного біогазу становить 33 748 176грн;

14. Простий термін окупності складає 4,3 років.

15. Енергія біогазу, яка виробляється протягом доби дорівнює 333 ГДж.

16. Денний вихід біогазу забезпечує можливість задовольнити енергетичні потреби адміністративних будівель на території очисних споруд м. Хмельницька (20,52 ГДж) та забезпечити добовий обігрів ферментатора для підтримання необхідних температурних умов бродіння (21,4 ГДж). Залишковий біогаз може бути проданий, що дозволяє отримувати додатковий прибуток. У такому випадку термін окупності проекту складає 4,9 років, вказуючи на ефективність та віддачу інвестицій в біогазову установку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ласкавий Ю.М., Воронів Ю.В., Калицун В. І. Приклади розрахунку каналізаційних споруд. - К.: Стройиздат, 2007. - 9 с.
2. <http://rinhespro.ru/insha/31499-stichni-vodi-viznachennja-vidi-sposobi-obliku-i.html>.
3. http://om.net.ua/5/5_16/5_166970_stadii-ochistki-stochnih-vod-promishlennih-predpriyatij.html.
4. <http://tnr.xtf.kpi.ua/n/diplom/mahistry-2015/petrus-vasyl-udoskonalennya-tekhnohoyi-mekhanichnoho-ochyshchennya-pobutovykh-stichnykh-vod>.
5. <http://www.dwa.de>, ISBN 978-3-937758-71-8, 2003 http://www.wwt-online.de/sites/wwt-online.de/files/schlammentw%C3%A4sserung_ohne_lockungshilfsmittel.pdf.
6. Bergs C.-G. 2010. New demand by sewage sludge and fertiliser regulation. (Neue Vorgaben für Klärschlamm nach der Klärschlamm-(AbfKlärV) und Düngemittelverordnung (DüMV)). VKU Infotag Klärschlamm, 9.11.2010.
7. BIOPROS 2008. Short rotation plantations. Guidelines for efficient biomass production with the safe application of wastewater and sewage sludge.
8. <http://www.energ.co.uk/about-digester-gas-utilisation>.
9. Звіт лабораторії біоенергетичних установок ГНУ ВИЭСХ РАСХН за 2006-2010 роки.
10. Гюнтер, Л.И. Метантенки /Л.И. Гюнтер, Л.Л. Гольдфарб// Львів., 1991.
11. Баадер, В. Біогаз: теорія і практика /В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер// М, Колос, 2002.
12. Xie, Xing, Ghani, Ooi and Ng, 2015. Ultrasonic disintegration technology in improving anaerobic digestion of sewage sludge under tropic conditions, Paper Presented to 10th European Biosolids and Biowaste Conference, UK. November 2015.
13. Гриднев, П. І. Енергетичні аспекти процесу переробки гною в анаеробних умовах./Гриднев П. І.// Механізація і автоматизація виробничих

процесів ферм великої рогатої худоби. Збірка наукових праць ВНИИМЖ, Подільськ, 2007

14. Варфоломеев, С. Д. Застосування методу математичного моделювання для вивчення процесів конверсії біомаси у біогаз. /Варфоломеев С. Д., Калужный С. В.//Радянсько-фінський симпозиум "Биогаз" : Проблеми і рішення, К., лютий 2015

15. Anonymous: Biogas Resources of Nepal. An Evaluation of Biogas as a Source of Energy. His Majesty's Government of Nepal, Ministry of Water Resources, Water and Energy Commission, Repon 4/1/840329/1/1, 2015.

16. Atal, Y. Biogas, Sociat Response to a Technological Innovation./ Atal, Y., Chun, K-S., Skulbhram, H., Anhom Thurasook, T. // UNESCO Regional Office for Science and Technology for South East Asia, Jakarta, Indonesia, 2004.

17. Annual Report 2015/86. Department of Non-Conventional Energy Source (DNES), Ministry of Energy, New Delhi, 2006.

18. Analysis of Economic Feasibility for Biogas Construction in China. The 8th UNDP-FAO-China International Biogas Training Course, Teaching Materials No 07, Chengdu, 2006.

19. Anderson, H.W. Genetically improved forest biomass Energy production. / Anderson, H.W., Zsuffa, L., //In Proceedings of the 4th Bioenergy R and D Seminar, National Research Council of Kanada, Ottawa, 2002, pp. 393-394.

20. <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/119.1..pdf>

21. https://polyplastic.ua/snip_2_04_03_85.html

22. <http://energoplus.te.ua/ua/biogazovye-ustanovki-3/index.html>

23. <https://www.salsnes-filter.com/>