

# СПОСОБИ ВИКОРИСТАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ БІОГАЗУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*В роботі проведено розрахунок біогазової установки для тваринницької ферми. Проведено розрахунки показників роботи БГУ протягом року, а саме: кількість товарного біогазу, кількість біометану, кількість та склад відхідних газів процесу очищення біогазу. Визначено кількісні параметри процесу. Проаналізовано способи утилізації та використання відхідних газів процесу збагачення біогазу.*

**Ключові слова:** біогаз, біометан, вуглекислий газ, азот, уловлювання і зберігання вуглецю, сухий лід.

## Abstract

*In the work, the calculation of a biogas plant for a livestock farm was carried out. Calculations of the performance indicators of the biogas plant during the year were carried out, namely: the amount of commercial biogas, the amount of biomethane, the amount and composition of waste gases from the biogas purification process. Quantitative parameters of the process are determined. Methods of disposal and use of waste gases of the biogas enrichment process are analyzed.*

**Keywords:** biogas, biomethane, carbon dioxide, nitrogen, carbon capture and storage, dry ice.

## Вступ

В Стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050 року [1] наводяться заходи з декарбонізації енергетики. Виділено такі політики і заходи: енергоефективність; відновлювана енергетика; модернізація та інновації; трансформація ринку та інституцій. Особлива увага тут приділяється виробництву біогазу та розширенню його використання для виробництва теплової й електричної енергії.

Для виробництва біогазу використовується різноманітна сировина: відходи тваринництва, поживні рештки, покривні культури, енергетичні культури, відходи харчової промисловості, водорості, промислові стоки, що містять органіку, тощо [2]. В результаті анаеробного зброджування утворюється газ, що містить 50 – 80 % об. метану, 19 – 50 % об. CO<sub>2</sub>, водяну пару, азот, кисень, сірководень, інші домішки. Перед закачуванням біогазу до газотранспортної системи, він має бути очищений. Утворений продукт – біометан, має містити більше 95 % метану [3]. Для цього використовують 6 основних технологій збагачення біогазу [4]: мембранна сепарація, криогенна сепарація, хімічна абсорбція, фізична абсорбція органічними сорбентами, абсорбція водою, адсорбція зі зміною тиску. Методи мають різну ефективність, дозволяють вловлювати 96 ...99,9 % метану з біогазу. У відхідних газах процесу очищення є CO<sub>2</sub>, азот, а також метан (внаслідок недосконалості процесу очищення).

**Мета роботи** – дослідження ефективності роботи біогазової установки протягом року, аналіз способів використання та утилізації відхідних газів процесу очищення біогазу.

## Основна частина

Для сільськогосподарської ферми, що налічує 1500 голів худоби (650 дійних корів, 400 биків, 450 шт. молодняку) проведено розрахунок біогазової установки та визначено: кількість виробленого біогазу, кількість біогазу, необхідного для реалізації технологічного процесу, кількість товарного біогазу, проведено розрахунок матеріального балансу очищення біогазу до біометану. В розрахунках прийнято такий склад біогазу: CH<sub>4</sub>=55%, CO<sub>2</sub>=55%, H<sub>2</sub>O=1%, N<sub>2</sub>=1%. Склад біометану: CH<sub>4</sub>=97%, CO<sub>2</sub>=1,5%, N<sub>2</sub>=1,5%. Ступінь вилучення води взято 100 %, азоту – 50 %, втрати метану в системі очищення 2%. Визначено масові частки компонентів біогазу та біометану, масову та об'ємну витрату компонентів біогазу, біометану, відхідних газів процесу очищення. Результати розрахунків показано на рис. 1-2.

Отже, в середньому з біогазової установки можна отримати 33880...40939 м<sup>3</sup>/місяць товарного біогазу, а після його збагачення 19217...23221 м<sup>3</sup>/місяць біометану (рис. 1).

Перед основним очищенням, біогаз охолоджують з метою видалення водяної пари. Для умов розрахунку, можна отримати від 274 до 331 кг/місяць води, що може бути використана в процесі анаеробного зброджування.

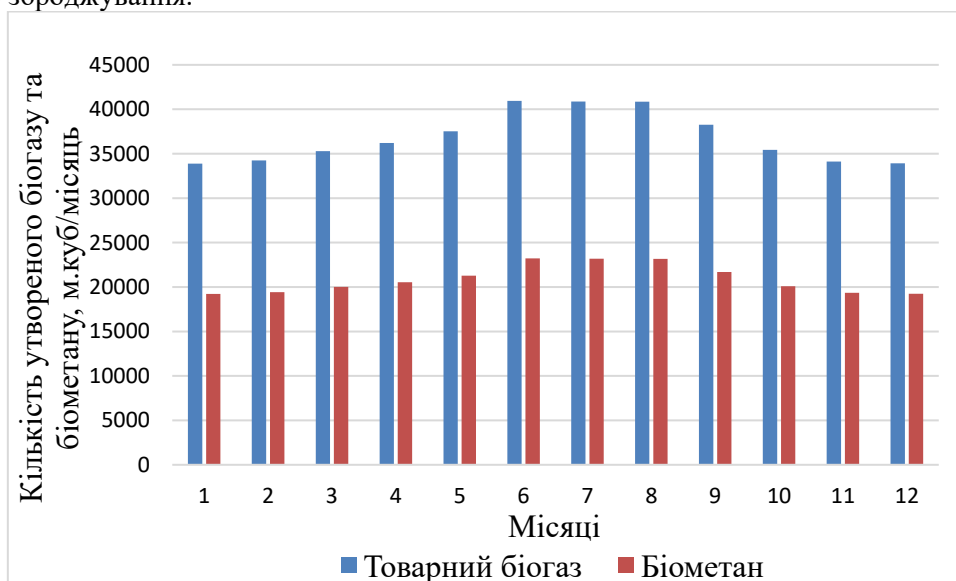


Рисунок 1 – Кількість товарного біогазу та біометану, що можна отримати протягом року, м<sup>3</sup>

У відхідних газах процесу очищення міститься вуглекислий газ (рис. 2), азот, метан.

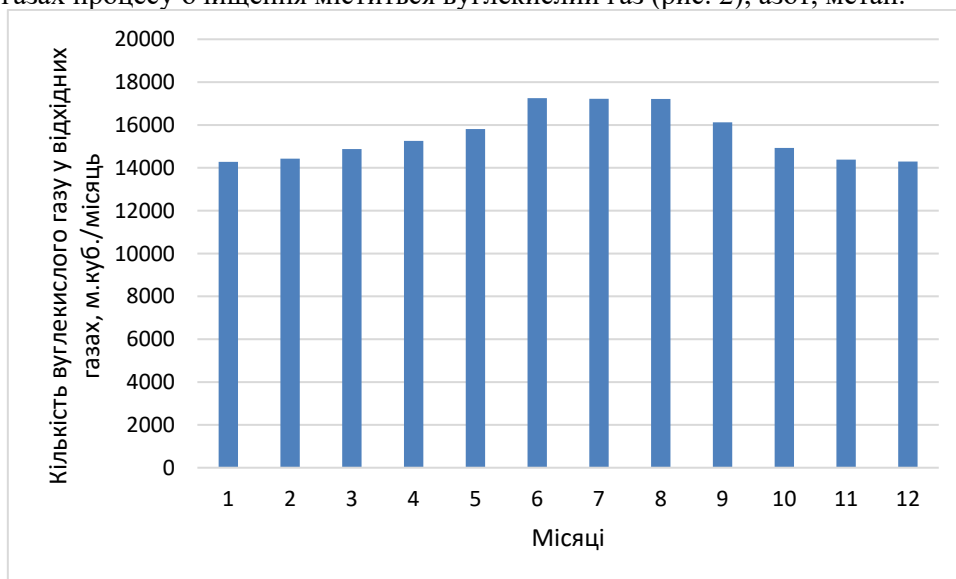


Рисунок 2 – Кількість вуглекислого газу, що отримується в процесі очищення, м<sup>3</sup>

Визначено, що азоту виділяється в процесі очищення 169...205 м<sup>3</sup>/місяць, метану втрачається 372...450 м<sup>3</sup>/місяць.

Оскільки CO<sub>2</sub> і метан є парниковими газами, викидати в навколишнє середовище їх недоцільно. Проаналізовано літературну інформацію по способах утилізації чи використанню вуглекислого газу.

Вуглекислий газ використовують в теплицях [5, 6]. Одним із способів використання CO<sub>2</sub> – це виробництво з нього сухого льоду (технічного, харчового). Сухий лід може використовуватись в теплицях [5], в кріобластингу [7].

В роботі [8] проведені дослідження застосування вуглекислого газу для вилучення залишкової нафти з обводнених нафтових покладів. Цей напрямок, як видно з результатів, є досить перспективним як для України і також широко використовується за кордоном.

Отриманий в процесі очищення вуглекислий газ можна також утилізувати за допомогою CCS технологій [9], однак в Україні ці методи не використовуються.

Від метану у відхідних газах позбуваються за допомогою таких методів [10]: регенеративне термічне окислення; регенеративне каталітичне окислення; кріогенна дистиляція; додавання до горючих газів з подальшим спалюванням та виробленням енергії.

## ВИСНОВКИ

В роботі проведено розрахунок біогазової установки для тваринницької ферми. Проведено розрахунки показників роботи БГУ протягом року, а саме: кількість товарного біогазу, кількість біометану, кількість та склад відхідних газів процесу очищення біогазу. Визначено кількісні параметри процесу: вихід товарного біогазу 33880...40939 м<sup>3</sup>/місяць, вихід біометану 19217...23221 м<sup>3</sup>/місяць, кількість води від 274 до 331 кг/місяць води, кількість утвореного СО<sub>2</sub> в процесі очищення 14277 – 17251 м<sup>3</sup>/місяць. Проаналізовано способи утилізації та використання відхідних газів процесу збагачення біогазу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стратегія низьковуглецевого розвитку України. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/zmina-klimatu/pom-yakshennya-zminy-klimatu/strategiya-nyzkovugletsevego-rozvytku-ukrayiny-do-2050-roku/>
2. Кучерук П. П. Види та властивості сировини для виробництва біогазу. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/11/2.-Kucheruk-P.-P.-Vydy-ta-vlastyivosti-syrovyny-dlya-vyrobnystva-biogazu.pdf>
3. Технічні умови приєднання до газорозподільної системи виробників біометану. РГК Вінницязгаз. URL: <https://vn.dsoua.com/app.php/ua/files/43631/1>.
4. Крамар В.Г. Технології збагачення біогазу та їх характеристики. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2023 р. №1. С. 64 – 74.
5. Навіщо у теплицях розкладають сухий лід? URL: <https://novatepica.com.ua/uk/zachem-v-tepliczah-raskladyvayut-suhoy-led/>
6. Користь СО<sub>2</sub> у вирощуванні рослин. URL: <https://grow.in.ua/uk/blog/technology/blogart76>
7. Кріогенний бластинг. URL: <http://cryogen.com.ua/catalog/dry-ice/dry-ice-blasting/>
8. Кондрат Р. М., Серединський Д. Ю., Кондрат О. Р. Дослідження застосування вуглекислого газу для вилучення залишкової нафти з обводнених нафтових покладів. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2010. №2. С.26-30
9. Уловлювання та зберігання вуглецю. URL: <https://bellona.org/assets/sites/4/UKRAINE CCS Energy Security Industry Ukrainian.pdf>
10. Технології збагачення біогазу. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/11/8.-Kramar-V.-G.-Tehnologiyi-zbagachennya-biogazu.pdf>

**Боднар Лілія Анатоліївна**, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: [Bodnar06@ukr.net](mailto:Bodnar06@ukr.net)

**Гусар Сергій Васильович**, студент гр. ТЕ-22 б, ФБЦЕІ, [gysarsergeite22b@gmail.com](mailto:gysarsergeite22b@gmail.com)

**Bodnar Liliia**, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Bodnar06@ukr.net](mailto:Bodnar06@ukr.net).

**Husar Serhii**, student, [gysarsergeite22b@gmail.com](mailto:gysarsergeite22b@gmail.com)