

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2023-317-1-18-20>

УДК 621.311

БАБЕНКО Олексій

Вінницький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0003-2773-6571>

e-mail: oleksij_babenko@ukr.net

КУТІНА Марина

Вінницький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0001-7185-6795>

e-mail: mkytina@gmail.com

ПРОЦЕНКО Людмила

Вінницький національний технічний університет

e-mail: milaarnaut99@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК НА ПІДПРИЄМСТВАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Питання енергозбереження постає дедалі актуальнішим, враховуючи руйнування генеруючих об'єктів електроенергетики. Оскільки Україна має потужний промисловий сільськогосподарський комплекс, його частка у ВВП становить близько 10% та щорічно зростає, актуальною задачею є аналіз доцільності застосування біогазових установок на підприємствах тваринництва, агропереробки та міських відходів.

В статті проведено дослідження обсягів відходів підприємств агропромислового комплексу та їх енергоємності, які можуть бути використані в якості сировини для виготовлення біогазу. Результати дослідження показали, що Україна має перспективи для розвитку біогазової енергетики, виходячи з потужного аграрного сектору. Застосування біогазових установок дозволить забезпечувати електричною енергією, теплом та гарячою водою підприємства аграрного комплексу, знизить навантаження на традиційні джерела енергії.

Ключові слова: енергозбереження, біогазові установки, біомаса, енергоефективність підприємств агропромислового комплексу.

BABENKO Oleksiy, KUTINA Maryna, PROTSENKO Lyudmila
Vinnytsia National Technical University

STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF BIOGAS INSTALLATIONS AT ENTERPRISES OF THE AGRICULTURAL COMPLEX

The issue of energy saving is becoming more and more urgent, taking into account the destruction of power generating facilities. One of the energy saving options is the use of alternative energy sources. This is not only an economic benefit for consumers, but also a reduction in the load on electrical networks and maintenance of the reliability of the power system due to the decentralization of electricity generation in wartime conditions. Alternative sources of electricity include energy from the sun, wind, seas, rivers, biomass, and Earth's heat. At the same time, their effectiveness depends on many factors. Since Ukraine has a powerful industrial agricultural complex, its share in GDP is about 10% and its share is growing annually, therefore, an urgent task is to analyze the feasibility of using biogas plants at livestock, agro-processing and municipal waste enterprises. We should not forget about the environmental friendliness of electricity production using biogas plants, which will ensure the preservation of the environment, and therefore the health of descendants. Enterprises of the agro-industrial complex for the production of products require significant amounts of electrical energy, along with this, the waste of the activities of such enterprises is sewage and organic waste in landfills, from which biomass can be obtained. Biomass, in turn, is the raw material for the production of biogas, which is needed by biogas plants to generate electrical energy. Analysis of the amount of waste from agro-industrial complex enterprises, which can be used as raw materials for the production of biogas, showed that Ukraine has prospects for the development of biogas energy, based on a powerful agricultural sector. The use of biogas plants will provide electricity, heat and hot water to enterprises of the agrarian complex, and will reduce the load on traditional energy sources.

Key words: energy saving, biogas plants, biomass, energy efficiency of enterprises of the agro-industrial complex.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

На даний час, питання енергозбереження постає дедалі актуальнішим, враховуючи руйнування генеруючих об'єктів електроенергетики. До одного із варіантів енергозбереження можна віднести використання альтернативних джерел енергії. Це не лише економічна вигода для споживачів, а й зменшення навантаження на електричні мережі та підтримка надійності роботи енергосистеми за рахунок розосередження генерації електроенергії в умовах війни. Не варто забувати про екологічність такого способу виробництва електроенергії, що забезпечить збереження довкілля, а отже і здоров'я нащадків. До альтернативних джерел електроенергії відносять енергію сонця, вітру, морів, річок, біомаси, теплоти Землі. В той же час їх ефективність використання залежить від багатьох чинників.

Підприємства агропромислового комплексу для виготовлення продукції потребують значних обсягів електричної енергії [1], разом з цими відходами діяльності таких підприємств є стічні води та органічні відходи на сміттєвих полігонах, з яких можна отримувати біомасу. Біомаса, в свою чергу, складає сировину для виготовлення біогазу, який потребують біогазові установки для вироблення електричних енергії.

Оскільки Україна має потужний промисловий сільськогосподарський комплекс (частка у ВВП майже 10%) [2] та щорічна його частка зростає, актуальною задачею є аналіз обсягів відходів підприємств

агропромислового комплексу, які можуть бути використані в якості сировини для виготовлення біогазу та їх енергоефективність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботі проаналізовані роботи присвячені ефективності застосування різних типів первинної сировини. Розглянуті сучасні технології виробництва електричної енергії з відходів [4, 5]. Взято до уваги розрахунки, присвячені потенціалу забезпечення первинною сировиною [2].

Формулювання цілей статті

Метою роботи є дослідження доцільності застосування біогазових установок на підприємствах тваринництва, агропереробки та міських відходів України.

Виклад основного матеріалу

Для розв'язання задачі визначимо, що таке біогаз. Біогаз є сумішшю метану (60–70%), CO₂ та невеликих кількостей інших газів [3–5]. Біогаз можна використовувати для отримання електроенергії та для задоволення потреб в опаленні чи приготуванні їжі.

У спеціальній біогазовій установці, піддавши процесу ферментації органічну речовину, можна отримати біогаз. Завдяки процесу бродіння утворюється газоподібний метан, горючий газ. Його спочатку очищують від сторонніх газів, а далі перетворюють на енергетичні джерела відповідно до потреб. Вироблення газу спочатку є достатньо інтенсивним, але в міру зростання тривалості бродіння інтенсивність зменшується. У результаті настає такий момент, коли подальше перебування біомаси в ферментаторі буде недоцільно з економічної точки зору. У когенераціях відбувається спалювання біогазу, що дозволяє вивільнити енергію, яка була збережена у біомасі. Вироблена енергія підходить для виробництва теплової та електричної енергії.

Біогаз має великий потенціал, оскільки є гнучким та універсальним. Це проявляється у тому, що його можна подавати у мережу природного газу і застосовувати для опалення та подачі електричної енергії промисловим підприємствам. Сировина для біогазу практично безкоштовна та майже невичерпна. В середньому від однієї корови можна отримати близько 6 тонн навозу в рік, від свині – близько 1 тонни в рік [5]. При переробці 25 тонн навозу за добу можна отримати 2500 м³ метановмісного газу (70%). Теплова енергія біогазу коливається в межах від 11 до 15000 кДж/м³ залежно від вмісту метану. Результатом такої переробки є не лише біогаз, а і біогумус – чудове добриво. Технологія виробництва біогазу зображена на рисунку 1.

Первинне бродіння відбувається в первинному біогазовому реакторі, температура в ньому становить 35-40 °С [3–5]. Суміш для бродіння переміщується електричними перемішувачами до однорідності. Подальше бродіння відбувається у вторинному реакторі, який під'єднаний до газової мережі установки. В результаті наддуву невеликої кількості повітря в реакторі відбувається очищення біогазу від сернистих з'єднань. Таким чином мікроорганізми окислюють газоподібний сірководень (H₂S) в сірку [4, 5].

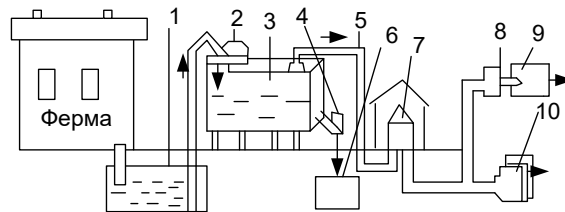


Рис. 1. Схема отримання біогазу з відходів тваринництва. 1 - сміття для відходів життєдіяльності тварин; 2 - насос; 3 - біогазовий реактор; 4 - неводнені відходи; 5 - біогаз; 6 - накопичувач; 7 - сховище біогазу; 8 - газова грілка; 9 - котел; 10 - газодизель з електрогенератором

Застосування біогазової установки (БГУ) є ефективним, коли величина коефіцієнта відтворення енергії установки є більше ніж одиниця. Коефіцієнт відтворення знаходимо за формулою:

$$\pi^{be} = q^{be1} / q^{ze1} \quad (1)$$

де q^{be1} – питома теплота, отримана від біогазу, Дж/рік;

q^{ze1} – реальні витрати первинної теплоти для виробництва біогазу, Дж/рік.

Вихід метану залежно від урожайності та виду сировини при використанні зеленої маси, показано на рисунку 2.

Тобто при середній урожайності 10 т/га та об'ємі метану в 300 м³/т буде вироблено 3000 м³ метану. При врожайності 15 т/га, вихід метану складає 450 м³/т. При середній енергетичній

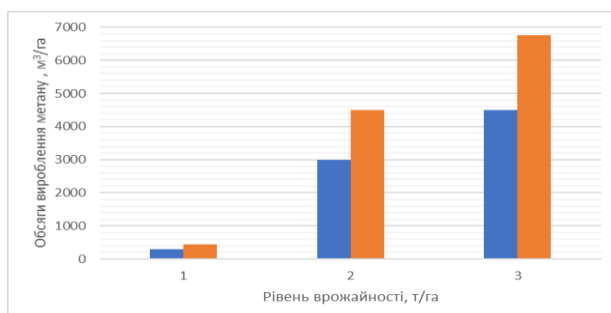


Рис. 2. Обсяги вироблення метану м³/га залежно від врожайності та виходу метану. 1 – Вихід метану CH₄ на тону сировини (синім кольором показано низький рівень виходу метану, помаранчевим – високий); 2 - ті ж показники, що й 1 для урожайності 10 т/га; 3 - ті ж показники, що й 1 для урожайності 15 т/га

цінності метану 10 кВт*год/м³ з такого газу можна отримати 30 000–67 500 кВт*год/га. При ККД 30% (електричному) та ККД в 55% (тепловому) для установки з газовим двигуном можна отримати 10 000–25 250 кВт*год теплової енергії.

В тваринництві та птахівництві України біовідходи складають біля 120*106 т/рік, з яких отримують 12 млрд м³ біогазу і 20 млн тонн біодобрив.

Енергетичний потенціал зеленої маси в Україні 2021 році складав для зернових культур 3,6; кукурудза 1,4; соняшник 2,5 мільйони тонн умовного палива/рік. Таким чином біогазові резерви України становлять близько 14 мільярди м³/рік, тобто 23% річних потреб України в газі.

Ще одна з переваг біогазу те, що його можна зберігати та накопичувати і це надає великий плюс цьому джерелу енергії порівняно з сонячною чи вітровою.

Отже, біогазові установки являють собою підприємства з переробки сільськогосподарських, промислових та муніципальних відходів. Їх розвиток робить великий вклад в екологічну безпеку країни.

До речі, в Україні є досвід створення біогазових комплексів. Прикладом цього є створений біогазовий комплекс агроіндустріального холдингу МХП.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Проаналізувавши обсяги відходів підприємств агропромислового комплексу, які можуть бути використані в якості сировини для виготовлення біогазу та їх енергоефективність можна зробити висновок, що Україна має перспективи для розвитку біогазової енергетики, виходячи з потужного аграрного сектору. Застосування біогазових установок дозволить забезпечувати електричною енергією, теплом та гарячою водою підприємства аграрного комплексу, знизить навантаження на традиційні джерела енергії.

Література

1. Попов В. А., Ткаченко В. В., Яромлюк О. С. Проектування систем забезпечення споживачів електричною енергією : навч. посіб. для студ. Спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітніх програм «Системи забезпечення споживачів електричною енергією» та «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 14,5 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 222 с. <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/44192/1/Projektuvannia.pdf>
2. Павлова Г. Є. Особливості аграрного сектора в національній економіці. Ефективна економіка, № 2, 2014. <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2729>
3. Klark D. L. Biomass for Renewable Energy – Academic Press, NY (1989). 651 p.
4. Renewable energy sources in figures. National and International Development, 2019, 85 p.
5. Krasnyansky M. Energy for Sustainable Development – International Review of Chemical Engineering, 2, N. 4 (2010). p. 539–549.

References

1. Popov V. A., Tkachenko V. V., Yarmoliuk O. S. Projektuvannia system zabezpechennia spozhyvachiv elektrychnoiu enerhiieiu : navch. posib. dlia stud. Spetsialnosti 141 «Elektroenerhetyka, elektrotehnika ta elektromekhanika», osvitynih proqram «Systemy zabezpechennia spozhyvachiv elektrychnoiu enerhiieiu» ta «Enerhetychnyi menedzhment ta enerhoeffektyvni tekhnolohii» / KPI im. Ihoria Sikorskoho. Elektronni tekstovi dani (1 fail: 14,5 Mбайт). Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2021. 222 s. <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/44192/1/Projektuvannia.pdf>
2. Pavlova H. Ye. Osoblyvosti ahromoho sektora v natsionalnii ekonomitsi. Efektyvna ekonomika, № 2, 2014. <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2729>
3. Klark D. L. Biomass for Renewable Energy – Academic Press, NY (1989). 651 p.
4. Renewable energy sources in figures. National and International Development, 2019, 85 r.
5. Krasnyansky M. Energy for Sustainable Development – International Review of Chemical Engineering, 2, N. 4 (2010). p. 539–549.