



УДК 631.22:620.925:59

DOI: 10.37128/2520-6168-2022-3-11

**ДОПУСТИМИЙ РІВЕНЬ СПОЖИВАННЯ БІОГАЗУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ**

Стаднік Микола Іванович, д.т.н., професор
Відокремлений структурний підрозділ «Ладизинський фаховий коледж
Вінницького національного аграрного університету»
Колісник Микола Анатолійович, асистент
Вінницький національний аграрний університет

Mykola Stadnik, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
Separated structural unit «Ladyzhyn Professional College of Vinnytsia National Agrarian University»
Mykola Kolisnyk, Assistant Professor
Vinnytsia National Agrarian University

В даній роботі розглядається питання визначення допустимого рівня використання біогазу для біогазової установки для вироблення електричної енергії з урахуванням надійності роботи обладнання.

Переробка відходів тваринництва з утворенням біогазу дасть змогу частково розв'язати екологічні проблеми, а також отримати переваги у вигляді децентралізованого виробництва відновлюваної енергії або виробництва палива. Роль відновних джерел енергії у виробництві енергії невпинно зростає і наразі актуальним є питання збільшення частки відновних джерел в енергобалансі кожної окремої країни. У постачанні первинної енергії на частку відновлюваної енергетики припадає 19% у світовому масштабі. З них на біомасу припадає 10 %, або 258 млн. тон на рік, тобто у світі біомаса забезпечує найбільшу частку постачання енергії з відновних джерел. Вітчизняні аграрні підприємства, є значними споживачами паливно-енергетичних ресурсів тому перед ними постає об'єктивна необхідність використання альтернативних джерел енергії в т.ч., біологічних видів палива та впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій. Виробництво біогазу є ефективною та інвестиційною привабливою технологією, що зумовлюється наявністю значного сировинного потенціалу, сприятливими природно-кліматичними умовам та інше. Проте рівень запровадження цього виду енергії в АПК є недостатнім, що пов'язано з низкою питань, в тому числі з недостатнім рівнем практичних рекомендацій по вибору потужностей генераторів електричної енергії, їх кількості, режимів роботи з урахуванням добового графіку споживання енергії, завантаження та оптимальним ККД установок при забезпеченні автономного живлення підприємства. У цій роботі визначено рівень енергозабезпечення тваринницьких ферм за рахунок використання біогазу установок джерелом енергії, яких використовуються відходи тваринництва.

Ключові слова: біогаз, допустимий рівень споживання, рівень генерації, дослідження, фермерське господарство, рівень енергозабезпечення, когенерація, надійність.

Ф. 5. Рис. 3. Табл. 1. Літ. 9.

1. Постановка проблеми

Перспективним напрямком електрозабезпечення фермерських господарств є альтернативні джерела енергії, в тому числі і біогаз, що потребує визначення надійності такого електропостачання.

В тваринницьких фермах особливу увагу приділяють біоенергетичним установкам. На цьому біогазі працює дизель-генератор, який виробляє електричну енергію, яка використовується на тваринницькій фермі.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проаналізувавши попередні дослідження та загальну кількість виробленої первинної енергії. Було визначено що станом на 2021 рік у нас діє шість біогазових установок, що використовують гній або послід. Декілька проектів біогазових установок перебувають на стадії будівництва. Проте потенціал отримувати біогаз шляхом анаеробного зброджування відходів тваринництва набагато більший. В Україні поголів'я тварин станом на 2021 рік складало 2,5 млн голів великої рогатої худоби (ВРХ), 7,9 млн свиней та 230,3 млн птиці. У перерахунку на відходи, це становитиме до 15 млн м³ гною ВРХ, 166 млн м³ гною свиней та 1725 млн м³ посліду птахів. З цих відходів можливо отримувати від



2831 Нм³ до 4711 Нм³ біогазу на рік, або від 1779 млн Нм³ до 2862 млн Нм³ біометану на рік.

Таблиця 1

Отримання біогазу з відходів тваринництва

Поголів'я	Вихід гною або посліду,	Вихід біогазу, Нм ³ / т субстрату		Вміст метану, %	Вихід біогазу, Нм ³ / рік		Вихід біометану, Нм ³ / рік	
		Діапазон вимірів	Середнє		min	max		
млн голів	м ³ /тварино-місце/рік							
ВРХ	2,5	7,5–21,0	20–30	25	60	485	1360	279

Оцінки виходу гною, посліду та біогазу дуже залежать від конкретних умов та технології. Зокрема, вихід гною (та меншою мірою посліду) залежать від віку тварин, а також від місцевих рамок умов та умов утримання.

Наприклад, залежно від умов утримання, гній може мати високий показник вмісту води, що є одним із вирішальних чинників при зброджуванні, адже великий вміст води знижує інтенсивність виходу біогазу з одиниці об'єму реактора. Часто вміст органічної сухої речовини є значно нижчим, ніж подані значення. Іншими причинами можуть бути різні якості кормів і залежний від цього склад субстрату. На рис. 1 представлена принципова блок-схема переробки відходів анаеробним зброджуванням для виробництва біогазу.

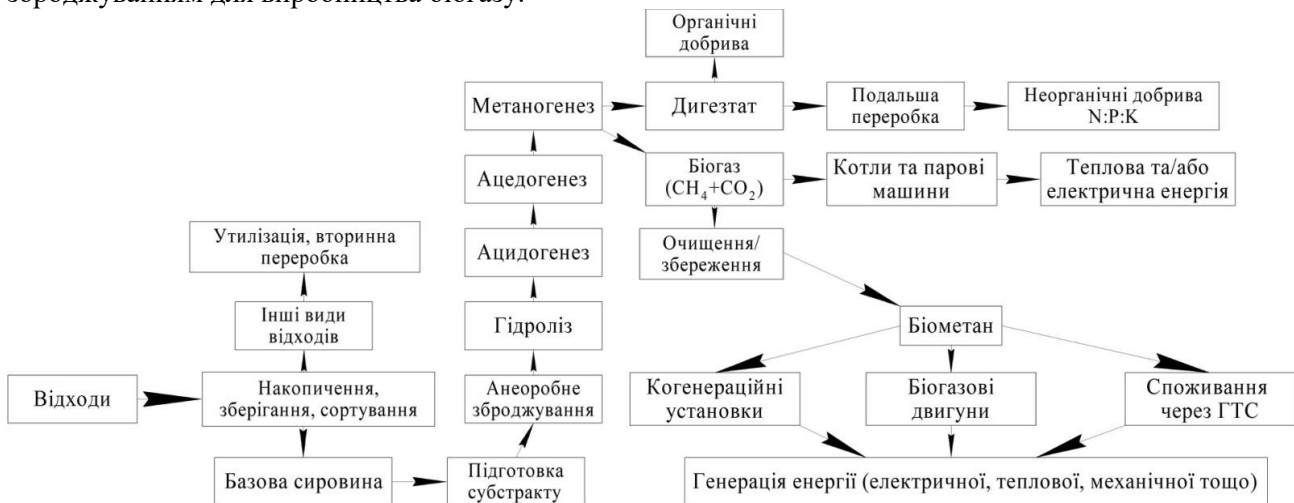


Рис. 1. Принципова блок-схема екологоефективного забезпечення енергетичних потреб підприємства АПК за рахунок переробки відходів анаеробним зброджуванням

Відновлювальним джерелам енергії присвячено багато робіт. Зокрема питання використання біогазу висвітлено в дослідженнях альтернативних джерел енергії [1], [2],[3],[4],[5],[6]. З статей видно, що не було враховано надійність роботи обладнання, що є важливим фактором в зв'язку з тим, що ферми відносяться до споживачів першої категорії.

3. Мета досліджень

Дослідження рівня споживання біогазу з урахуванням надійності роботи біогазової установки для забезпечення стабільної роботи системи електропостачання за рахунок використання біогазових установок в тваринницьких фермах.

4. Виклад основного матеріалу

Питанням дослідження генерації присвячена робота [5]. На підставі досліджень [6] було побудовано графік (рис.2), із якого видно, що бродіння супроводжується двома періодами максимального виходу біогазу.

Спочатку генерація висока але потім вона різко падає тому що йде поступове завантаження гною, але вже починаючи з п'ятої доби бродіння спостерігається різке збільшення генерації біогазу. На восьму добу генерації вихід біогазу стабілізується і в подальші дні спостерігається відносно рівномірна генерація біогазу, але на 21 добу спостерігається знову максимальний вихід біогазу.

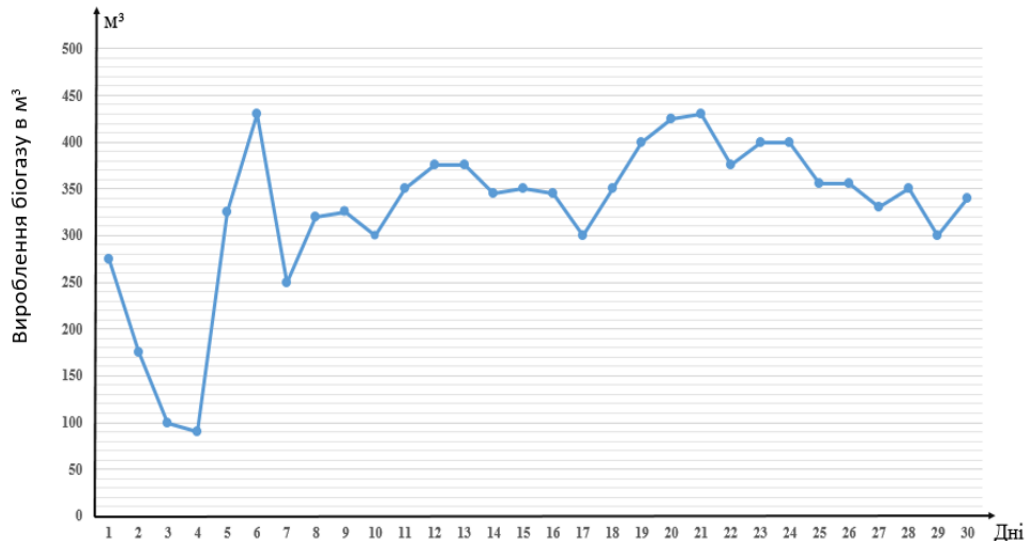


Рис. 2. Графік виробництва біогазу при поступовому завантаженні сировини

Для рівномірного розподілення виходу біогазу в часі застосовується безперервна по-дача гною в метантенк. Вона включає в себе подачу великої кількості гною в невеликих порціях, з одночасним видаленням відпрацьованого біошламу.

З цього випливає, що якщо якомога частіше будуть завантажуватись нові порції гною, то більш рівномірним буде виділення біогазу.

Завантаження гною в метантенк відбувається з періодичністю 1 години [7].

Надійність постачання електроенергії залежить від надійності постачання газу та надійності обладнання біогазової установки. Використовуючи данні на (рис.2) доповнимо їх показниками надійності роботи обладнання та покажемо на (рис.3). На даному графіку показано, що в період (t1-t2) відбувалося виробництво біогазу, далі ми спостерігаємо що на ділянці (t2-t3) вироблення біогазу призупинилося. Це пов'язано з виходом з ладу обладнання через яке довелося зупинити роботу. На ділянці (t3-t4) було виробництво біогазу відновлено і т.д.

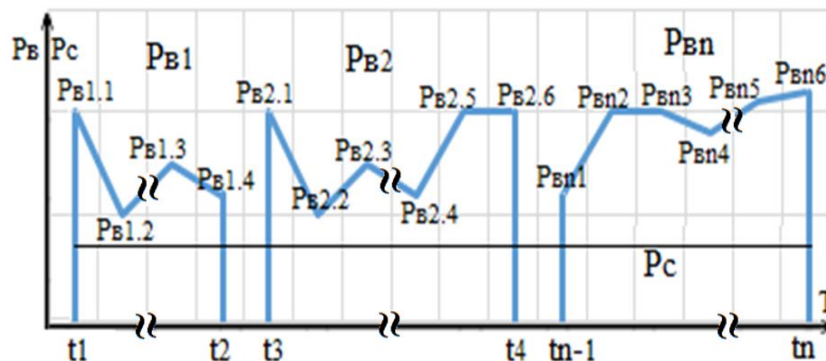


Рис. 3. Графік виробництва біогазу з урахуванням надійності роботи біогазової установки

Рівень споживання газу визначається стабільністю її роботи, а саме: моментами максимального виробництва при цьому, частина газу відправляється на резервування, а інша на виробництво електроенергії. В момент неробочого стану виробництво електроенергії відбувається за рахунок резервів.

Для роботи було сформульовано умова (1)[8] для стабільної роботи біогазової установки, в частині постачання газу:

$$P_C \leq P_B, \quad (1)$$

де P_C – рівень споживання біогазу (м³); P_B – середній рівень вироблення біогазу (м³)

Для того щоб знайти допустимий рівень споживання пропонується скористатися формулою (2), для визначення P_C можливо скористатися статичними даними за їх наявності.



Формула для розрахунку рівня споживання:

$$P_C = \frac{P_{B1}(t_2 - t_1) + P_{B2}(t_4 - t_3) + \dots + P_{Bn}(t_n - t_{n-1})}{(t_2 - t_1) + (t_4 - t_3) + \dots + (t_n - t_{n-1})}, \quad (2)$$

де P_C – це допустимий рівень споживання; P_{B1}, P_{Bn} – середній рівень виробництва біогазу на відповідній ділянці часу, визначається за формулами (3), (4), (5); $(t_2 - t_1); (t_4 - t_3); (t_n - t_{n-1})$ – час нормальної роботи; $(t_2 - t_3); (t_4 - t_{n-1})$ – час відновлення; t_n – напрацювання на відновлення роботи біогазової установки.

$$P_{B1} = \frac{P_{B1.1} + P_{B1.2} + P_{B1.3} + P_{B1.4}}{4}, \quad (3)$$

$$P_{B2} = \frac{P_{B2.1} + P_{B2.2} + P_{B2.3} + P_{B2.4} + P_{B2.5} + P_{B2.6}}{6}, \quad (4)$$

$$P_{Bn} = \frac{P_{Bn.1} + P_{Bn.2} + P_{Bn.3} + P_{Bn.4} + P_{Bn.5} + P_{Bn.6}}{6}. \quad (5)$$

На підставі формули (2) можна визначити рівень споживання біогазу дизель-генераторною установкою для стабільного вироблення електричної енергії.

5. Висновки

Для стабільної роботи дизель-генератора з виробництва електричної енергії з використанням біогазу необхідно дотримуватися умови, що рівень споживання менший рівня виробництва біогазу. Різниця в виробництві та споживанні використовується для накопичення газу, який використовується для виробництва електроенергії під час простою біогазової установки. В роботі запропоновано підхід до визначення рівня споживання та виробництва біогазу з урахуванням надійності роботи обладнання біогазової установки [9]. Дотримання запропонованих підходів дозволить забезпечити прогнозований рівень електропостачання тваринницької ферми.

Список використаних джерел

1. Стаднік М. І., Штуць А. А., Пилипенко О. В. Рівень енергозабезпечення тваринницьких ферм за рахунок біогазу. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. № 1 (112). С. 100–112.
2. Стаднік М. І., Гунько І. В. Автономне електропостачання тваринницької ферми на базі відновлюваних джерел енергії. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 1 (108). С. 134–141.
3. Стаднік М. І., Проценко Д. П., Бабій С. М. Гібридне електропостачання з використанням відновлювальних джерел енергії. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2020. № 4 С. 32–41.
4. Калетнік Г. М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України: монографія. Київ: Хай-Тек Прес, 2010. 516 с.
5. Г. А. Голуб, *Біогаз. Модуль з серії навчально-методичних матеріалів*, в Проект «Підвищення енергоефективності і стимулювання використання відновлювальної енергії в агрохарчових та інших малих та середніх підприємствах України». Київ, Україна: НУБІП, 2015, 48 с.
6. Рамш В. Ю., Потапенко М. В., Семенова Н. П., Шаршонь В. Л. «Експлуатаційна оцінка стану обладнання біогазових установок». *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2018. Вип. 195. С. 124–126.
7. Развитие биогазовых технологий в Украине и Германии: нормативно-правовое поле, состояние и перспективы. URL: http://www.uabio.org/img/files/news/pdf/Razvitie_biogazovyh_tehnologiy_1.pdf.
8. Гелетуца Г. Перспективи біогазу в Україні. *Економічна правда*. 2013. № 7. <http://www.epravda.com.ua/columns/2013/07/3/383399/>
9. Голуб Г. А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. *Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2010. Вип. 144, ч. 4. С. 303–312.

References

- [1]. Stadnik, M.I., Shtuts, A.A., Pylypenko, O.V. (2021). The level of energy supply of livestock farms due to biogas. *Technology, energy, transport of agricultural industry, 1 (112)*. 100–112. [in Ukrainian].
- [2]. Stadnik, M.I., Gunko, I.V. (2020). Autonomous electricity supply of a livestock farm based on renewable energy sources. *Technology, energy, transport of agricultural industry, 1 (108)*. 134–141. [in Ukrainian].
- [3]. Stadnik, M.I., Protsenko, D.P., Babii, S.M. (2020). Hybrid power supply using renewable energy sources.



- Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute*, 4. 32–41. [in Ukrainian].
- [4]. Kaletnik, H.M. (2010). *Biopalyvo. Prodovol'cha, enerhetychna ta ekonomichna bezpeka Ukrainy [Food, energy and economic security of Ukraine]*. Monohrafiya. Kyiv : Khay-Tek Pres [in Ukrainian].
- [5]. Golub, G.A., Dubrovin, V.O., Polishchuk, V.M. (2015). *Biogas A module from a series of educational and methodological materials. v Proekt «Pidvyshchennia enerhoefektyvnosti i stymulivannia vykorystannia vidnovliuvanoi enerhii v ahrokharchovykh ta inshykh malykh ta serednikh pidpriemstvakh Ukrainy»*. Kyiv, Ukraina: NUBIP. [in Ukrainian].
- [6]. Ramsh, V.Yu., Potapenko, M.V., Semenova, N.P., Sharshon, V.L. (2018). "Operational assessment of the state of equipment of biogas plants". *Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture*, 195. 124–126. [in Ukrainian].
- [7]. Geletukha, G., Kucheruk, P., Matveev, Y. (2013). *Development of biogas technology in Ukraine and Germany: normative – legal framework and prospects*. URL: http://www.uabio.org/img/files/news/pdf/Razvitiye_biogazovykh_tehnologiy_1.pdf. [in Ukrainian].
- [8]. Geletukha, G. (2013). Prospects of biogas in Ukraine. *Economic truth*, 7. URL: <http://www.epravda.com.ua/columns/2013/07/3/383399/>. [in Ukrainian].
- [9]. Golub, G.A. (2010). Technical and technological support of energy autonomy of agroecosystems. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: agricultural machinery and energy*, 4. 303–312. [in Ukrainian].

PERMISSIBLE LEVEL OF BIOGAS CONSUMPTION IN THE PRODUCTION OF ELECTRICITY FOR A LIVESTOCK FARM

This work considers the question of determining the permissible level of use of big gas for a biogas plant for the production of electrical energy, taking into account the reliability of the equipment.

The processing of animal husbandry waste into biogas will make it possible to partially solve environmental problems, as well as to obtain benefits in the form of decentralized production of renewable energy or fuel production. The role of renewable energy sources in energy production is constantly growing, and the issue of increasing the share of renewable sources in the energy balance of each individual country is currently relevant. In the supply of primary energy, the share of renewable energy accounts for 19% on a global scale. Of these, biomass accounts for 10%, or 258 million tons per year, i.e. in the world, biomass provides the largest share of energy supply from renewable sources. Domestic agricultural enterprises are significant consumers of fuel and energy resources, therefore they face an objective need to use alternative energy sources, including biological types of fuel and the introduction of innovative energy-saving technologies. Biogas production is an efficient and investment-attractive technology due to the presence of significant raw material potential, favorable natural and climatic conditions, etc. However, the level of introduction of this type of energy in the agricultural sector is insufficient, which is related to a number of issues, including the insufficient level of practical recommendations for choosing the power of electric energy generators, their number, operating modes taking into account the daily schedule of energy consumption, loading and optimal efficiency installations when providing autonomous power supply of the enterprise. In this paper, the level of energy supply of livestock farms due to the use of biogas as an energy source of plants using livestock waste is determined.

Key words: *biogas, permissible level of consumption, generation level, research, farm, energy supply level, cogeneration.*

F. 5. Fig. 3. Table. 1. Ref. 9.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Стаднік Микола Іванович – д.т.н., професор, викладач Відокремленого структурного підрозділу «Ладижинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету» (вул. П. Кравчика, 5, м. Ладижин, Вінницька обл., 24321, Україна, e-mail. stadnik1948@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3895-9607>).

Колісник Микола Анатолійович – асистент кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: kolisnik30@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5502-6556>).

Mykola Stadnik – Doctor of Technical Sciences, Full Professor of Separated structural unit «Ladyzhyn Professional College of Vinnytsia National Agrarian University» (5, P. Kravchyka St., Ladyzhyn, Vinnytsia region, 24321, Ukraine, email: stadnik1948@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3895-9607>).

Mykola Kolisnyk – Assistant Professor, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnitsa National Agrarian University (3, Solnechna str., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: kolisnik30@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5502-6556>).