



УДК 621.316

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-1-15

**АВТОНОМНЕ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ НА БАЗІ  
ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ****Стаднік Микола Іванович**, д.т.н., професор**Гулько Ірина Василівна**, к.т.н. доцент

проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи

Вінницький національний аграрний університет

**Проценко Дмитро Петрович**, к.т.н., доцент

Вінницький національний технічний університет

**N. Stadnik**, Doctor of Technical Sciences, Professor**I. Gunko**, PhD, Associate Professor

Vice-rector for scientific-pedagogical and educational work

Vinnytsia National Agrarian University

**D. Protsenko**, PhD, Associate Professor

Vinnytsia National Technical University

*В роботі здійснено аналіз енергетичного потенціалу автономного електропостачання на базі відновлювальних джерел енергії в умовах тваринницької ферми. На основі розрахунків кількості відходів ферми, які виступають як сировина для біогазової енергетичної установки, визначено кількість електроенергії, яка може бути вироблена із біогазу. Також визначено значення генерації електроенергії за умови сумісного використання біогазової установки та сонячних панелей з метою повного покриття потреби в електроенергії. Встановлено, що використання відновлювальних джерел енергії для автономного електропостачання має значний потенціал для зростання, зокрема генерація електроенергії біогазовою енергетичною установкою розрахована за мінімальними показниками для ферми великої рогатої худоби забезпечує 57 % необхідної електроенергії, крім того наявна ще і тепла енергія, яка використовується для опалення ферми. Сумісна робота біогазової установки та сонячних панелей, які встановлюються на даху ферми дозволяють покрити потребу в електроенергії із коефіцієнт зменшення генерації сонячними панелями 2,6. Використання біогазу отриманого із відходів ферми великої рогатої худоби та разом із сонячними панелями дозволяє покрити потребу в електроенергії із значним запасом. Для типової ферми на 100 голів ВРХ цей запас становить близько 80%. Використання якого можливе із застосуванням накопичувачів електроенергії та формуванням запасу біогазу. Встановлено, що електрична потужність біогазової установки, яка працює в комплексі з сонячними панелями, повинна становити як мінімум середнє значення потужності споживання для забезпечення автономного живлення споживачів тваринницької ферми, особливо в зимові місяці коли сонячна інсоляція мінімальна.*

**Ключові слова:** тваринницька ферма, графік навантаження, генератор, біогаз, сонячна енергетика автономне електропостачання.

**Ф. 3. Рис. 5. Таб. 3 Літ. 10.**

---

**1. Постановка проблеми**

Технологічні процеси сучасних фермерських господарств потребують надійного електропостачання та високої якості електроенергії [1]. Побудова систем електропостачання з використанням альтернативних відновлювальних джерел енергії (ВДЕ): сонячної, вітрової, біологічної дозволить підвищити надійність та економічні показники електропостачання. В умовах тваринницької ферми особливу актуальність мають біоенергетичні установки, які працюють на біогазі [2], так як наявні виробничі відходи слугують сировиною для біогазової установки. Під час модернізації чи проектуванні сучасних тваринницьких ферм та комплексів потрібно враховувати можливості використання ВДЕ. Тому виникає необхідність оцінювання енергетичного потенціалу біогазових установок для забезпечення автономного електропостачання тваринницьких ферм та можливих варіантів поєднань з іншими типами ВДЕ.



## 2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботах [3-5] розглянуто технологічні та економічні характеристики використання біогазових установок для забезпечення живлення об'єктів сільського господарства, а також визначено енергетичний потенціал від запровадження біогазових та інших ВДЕ. В наведених роботах не висвітлено питання можливостей забезпечення автономного електропостачання із використанням біогазу в комбінації з іншими ВДЕ для тваринницької ферми з типовим для регіону графіком навантаження.

## 3. Мета дослідження

Отже метою роботи є підвищення ефективності систем електропостачання тваринницьких ферм за рахунок провадження ВДЕ та визначення їхнього енергетичного потенціалу в умовах тваринницької ферми.

## 4. Основні результати дослідження

Розглянемо можливість забезпечення автономного електропостачання з використанням відновлювальних джерел енергії. Найбільш перспективними на тваринницьких фермах є використання біогазових установок та сонячної енергії [6, 7]. Енергетичний потенціал при поєднанні саме цих джерел енергії і є предметом подальшого дослідження.

Вихід біогазу для різних тварин можна проаналізувати використовуючи результати середньостатистичного виходу екскрементів та з врахуванням їх середньої вологості 79%. В табл. 1 наведено питомий вихід метану на 1 голову [7].

Таблиця 1

*Вихід біогазу із екскрементів тваринного походження*

Середньодобовий вихід екскрементів від однієї тварини (для птахів x10), кг					Вихід газу, м3/кг (сух.)		Метан, %	Метан, м <sup>3</sup> питомий
Види тварин (птахів)	Всього екскрементів	кал	моч а	суха речов.	мін.	мак.		
Бики	40,0	30,0	10,0	6,3	0,25	0,35	65	1,433
Корови	55,0	35,0	20,0	7,35	0,25	0,35	65	1,194
Молодняк ВРХ до 4 міс.	7,5	5,0	2,5	1,05	0,25	0,35	65	0,171
Молодняк ВРХ до 4-6 міс.	14,0	10,0	4,0	2,1	0,25	0,35	65	0,341
Молодняк ВРХ до 6-12 міс.	26,0	14,0	12,0	2,94	0,25	0,35	65	0,478
Молодняк ВРХ старше 12 міс.	27,0	20,0	7,0	4,2	0,25	0,35	65	0,683
Коні	23,0	17,5	5,5	3,675	0,2	0,3	57	0,419
Вівці та кози	2,8	2,0	0,8	0,42	0,3	0,62	70	0,088
Свиноматки з поросятами	22,0	12,0	10,0	2,52	0,34	0,58	67	0,574
Свиноматки, без поросят	17,0	9,0	8,0	1,89	0,34	0,58	67	0,431
Хряки	15,0	9,0	6,0	1,89	0,34	0,58	67	0,431
Свині на годівлі	12,0	7,0	5,0	1,47	0,34	0,58	67	0,335
Кури	2,5	—	—	0,525	0,31	0,62	60	0,098
Бройлери	3,0	—	—	0,63	0,31	0,62	60	0,117
Індюки	4,3	—	—	0,903	0,31	0,62	60	0,168
Качки	5,5	—	—	1,155	0,31	0,62	60	0,215
Гуси	6,0	—	—	1,26	0,31	0,62	60	0,234

Для розрахунків приймаємо мінімальний вихід газу та враховуємо тільки вміст метану. Відповідна графічна залежність виходу біогазу із екскрементів для різних видів тварин та птахів наведено на рис 1.

Для розрахунку необхідної кількості електроенергії здійснено експериментальне визначення графіка навантаження на основі аналізу споживання електроенергії на малій фермі великої рогатої худоби (ВРХ). Поголів'я ферми складається з 60 дійних корів, 11 - ти сухостійних та 29 голів молодняка, тобто нетелей і телят. Утримання в зимово-стійловий період.

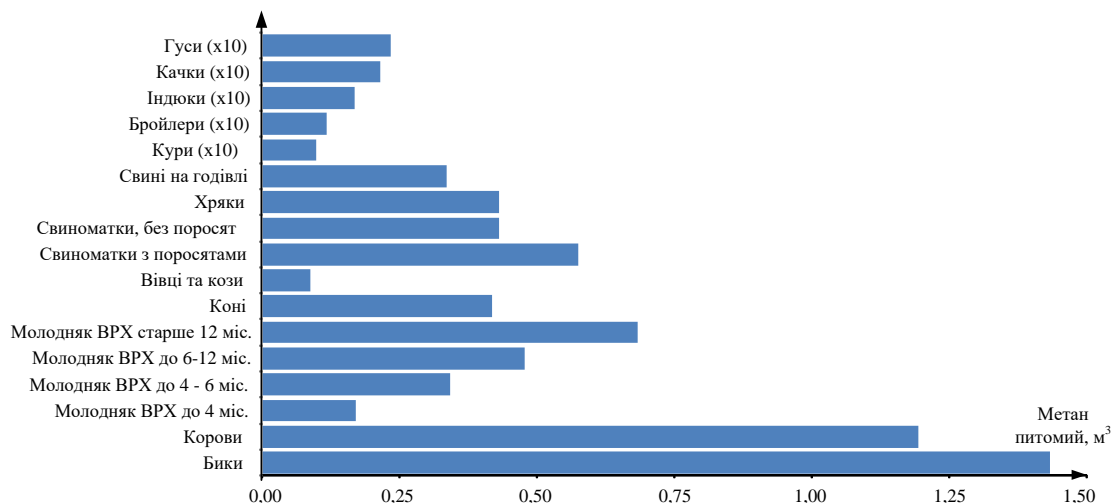


Рис. 1. Питомий вихід метану отриманого з біогазу для різних видів тварин та птахів

На рис. 2 зображено діаграми роботи обладнання вказаної тваринницької ферми з програмі Excel та здійснено розрахунок графіка навантаження, просумувавши потужності для відповідних часових діапазонів.

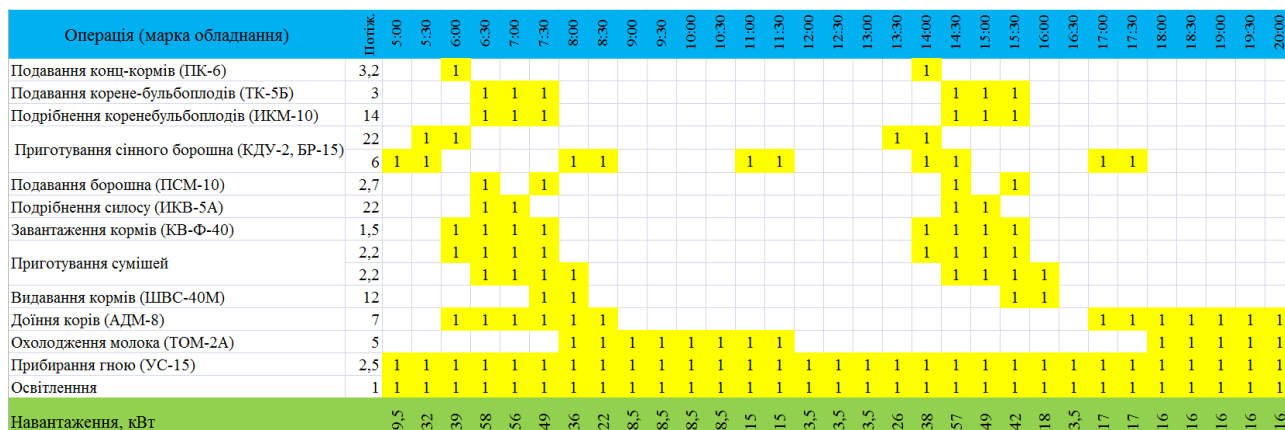


Рис. 2. Діаграми роботи технологічного обладнання тваринницької ферми та розрахунок графіка навантаження

Графік навантаження тваринницької ферми згідно розрахунків наведено на рис. 3 з якого видно, що є два періоди пікового навантаження – ранковий: з 6-00 до 8-30 та обідній: з 14-00 до 16-00. В ці періоди споживання перевищує відмітку 30кВт.

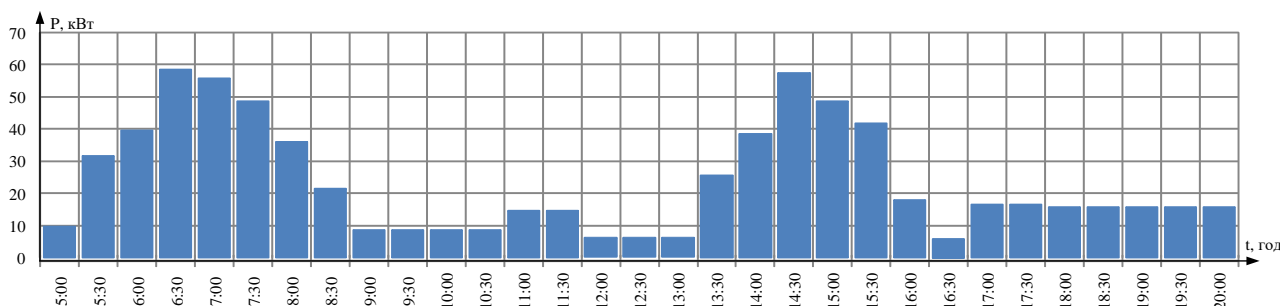


Рис. 3. Графік навантаження тваринницької ферми

Тваринницькі господарства, як правило, мають графіки навантаження, які характеризуються високою ступінню регулярності, це пояснюється визначеною технологічним процесом послідовністю вмикання того чи іншого обладнання, причому часові зсуви між операціями мінімальні.

Знайдемо добове споживання згідно графіка навантаження тваринницької ферми:



$$W_{\Sigma}^{\text{доб.}} = \frac{\sum_{i=1}^k (P_i \cdot t_i)}{T}, \quad (1)$$

де  $k$  – загальна кількість діапазонів зміни навантаження, що відповідає операціям вмикання або вимикання споживачів;

$P_i$  – встановлена потужність на  $i$ -тому інтервалі діаграми навантаження;

$t_i$  – час ввімкнення групи споживачів на  $i$ -тому інтервалі діаграми навантаження;

$T$  – тривалість добового циклу ввімкнення споживачів.

Підставивши відповідні числові значення в (1) отримаємо добове споживання електроенергії тваринницькою фермою на рівні 347 кВт·год.

Враховуючи поголів'я ферми (71 корова та 29 голів молодняка старше 12 місяців) добовий вихід біогазу згідно представленої методики становитиме 105 м<sup>3</sup>. Як правило генератор біогазової установки приводиться в обертання, газовим двигуном внутрішнього згорання швидкість обертання, якого підтримується незмінною, для забезпечення сталої частоти на виході генератора [3]. Генерація електроенергії з отриманого об'єму газу буде залежати від типу та потужності газогенераторної установки для прикладу установка COGSL35 (35 кВт) з газопоршневим двигуном MAN E0834 E312 має в номінальному режимі роботи споживання газу на рівні 0,53 м<sup>3</sup>/кВт·год. Для установок більшої потужності питоме споживання ще менше, отже з врахуванням розрахункового споживання газу, генерація становитиме 197 кВт·год. Отже генерація електроенергії біогазовою енергетичною установкою розрахована за мінімальними показниками для ферми ВРХ забезпечує 57 % необхідної електроенергії, крім того наявна ще і теплова енергія, яка використовується для опалення ферми та додаткових приміщень. Оцінимо значення теплової енергії, що генерується когенераційною біогазовою установкою. Для біогазової установки COGSL35 в якій використовується газопоршневий двигун MAN E0834 E312, теплова потужність становить 55 кВт при 35 кВт електричної потужності, тобто теплової потужності близько 60% генерується більше ніж електричної. Тому теплова потужність всієї генерації становитиме 310 кВт, а сумарна 507 кВт за добу.

Різницю між необхідною потребою в електроенергії та генерацією біогазової установки в 150 кВт·год запропоновано покрити за рахунок використання сонячної енергії.

Для визначення енергетичного потенціалу використання сонячної енергії проаналізуємо середній місячний рівень сонячної радіації в м. Вінниця, який з великою ступінню наближення можна поширити на всю область. Дані багаторічних спостережень наведено в табл. 2.

Таблиця 2

*Середній місячний рівень сонячної радіації в м. Вінниця (кВт·год/м<sup>2</sup>/день)*

Січ.	Лют.	Бер.	Кві.	Тра.	Чер.	Лип.	Сер.	Вер.	Жов.	Лис.	Гру.	середн.
1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,3	5,16	4,68	3,21	1,97	1,1	0,9	<b>3,11</b>

Орієнтовну добову потужність генерації сонячних панелей із оптимальним кутом встановлення для кожного місяця можна визначити із співвідношення:

$$W_{\text{С.Е.}}^{\text{доб.}} = \frac{P_{\text{п}} \cdot k_1 \cdot S_1 \cdot n}{S_{\text{п}}}, \quad (2)$$

де  $P_{\text{п}}$  – потужність сонячної панелі (для прикладу панель LDK 250PA, 250Вт);

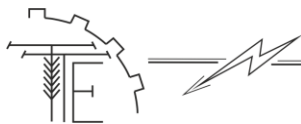
$k_1$  – середній місячний рівень сонячної радіації, який залежить від географічних координат (табл. 2, кВт·год/м<sup>2</sup>/день);

$S_1$  – площа, що припадає на одну голову ферми;

$n$  – кількість голів ВРХ ( $n = 100$  голів).

$S_{\text{п}}$  – площа панелі (для LDK 250PA - 1,6 м<sup>2</sup>);

Для розрахунку кількості сонячних панелей, які можна встановити на даху тваринницької ферми необхідно визначити площу, що припадає на одну тварину. Проаналізувавши нормативи і сучасні конструкції корівників та ферм ВРХ встановлено, що на 1 голову припадає близько 8 м<sup>2</sup> [8]. Здійснивши розрахунки згідно формули (2) отримано добову генерацію для кожного місяця, також в табл. 3 зведені розрахунки генерації за місяць, добової генерації біогазовою установкою, сумарної та середньої добової генерації, а також добова потреба в електроенергії для даної ферми.



Таблиця 3

## Дані генерації ВДЕ ферми ВРХ

Показник, кВт·год	Січ.	Лют.	Бер.	Кві.	Тра.	Чер.	Лип.	Сер.	Вер.	Жов.	Лис.	Гру.
Добова генерація	133	236	367	490	649	663	645	585	401	246	138	113
Місячна генерація	4013	7088	11025	14700	19463	19875	19350	17550	12038	7388	4125	3375
Генерація біогаз	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197
Сумарна генерація	331	433	565	687	846	860	842	782	598	443	335	310
Середня генерація	586	586	586	586	586	586	586	586	586	586	586	586
Потреба в ел. енергії	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347	347

Аналізуючи дані табл. 3 можна зробити висновок про те, що генерації від біогазової установки не достатньо для забезпечення потреби в електроенергії, але сумісне використання біогазової енергетичної установки та сонячної енергії дозволяє отримати середню генерацію більшу за потреби. Графік рівня генерації біогазовою установкою та сонячними панелями по місяцям наведено на рис. 4. Як видно з графіка середня добова генерація від сонячних панелей в умовах Вінницької області має значну нерівномірність (133 кВт·год у грудні та 663 кВт·год у червні), тому в листопаді грудні та січні сумарна потужність менша за необхідні потреби.

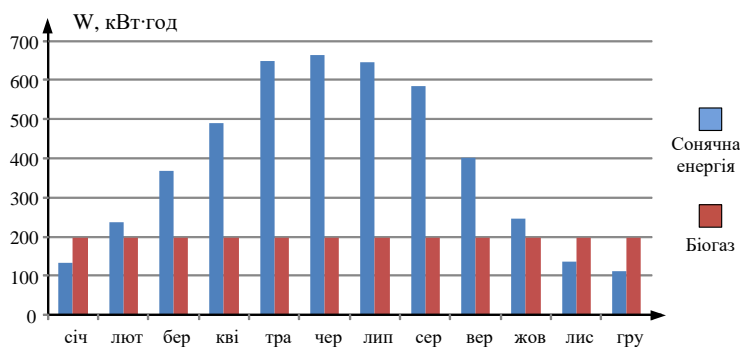


Рис. 4. Помісячний графік генерації ВДЕ ферми ВРХ

Для вирішення проблеми недостачі електроенергії від ВДЕ в листопаді грудні та січні (рис. 5) запропоновано використати запас біогазу, який накопичується в місяці коли для покриття графіка навантаження буде достатньо сонячної енергії (з березня по вересень), а нерівномірності добової генерації та графіка навантаження вирівнюються за рахунок застосування акумуляторних накопичувачів електроенергії [9, 10]. Використання біогазу отриманого із відходів ферми ВРХ та разом із сонячними панелями дозволяє покрити потребу в електроенергії із значним запасом. Для типової ферми на 100 голів ВРХ цей запас становить близько 80%.

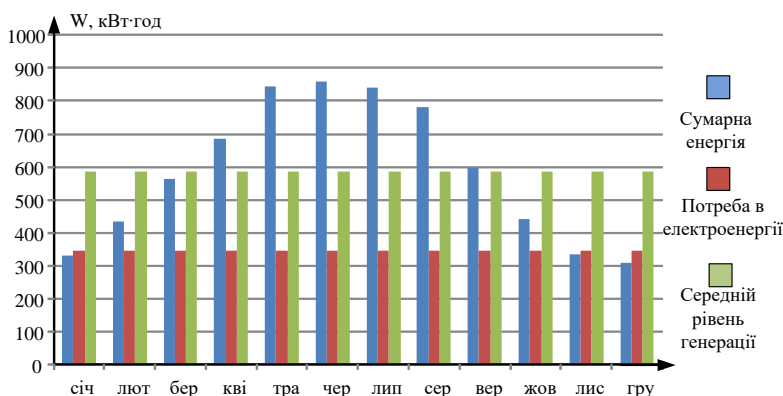


Рис. 5. Помісячний графік сумарної генерації ВДЕ, потреби в електроенергії та середнього рівня генерації ферми ВРХ





На ефективність роботи сонячних панелей встановлених на даху ферми впливають багато чинників: просторова орієнтація відносно сторін світу, ландшафт, форма даху, кут встановлення відносно горизонту, заповнення корисного простору панелями. Тому для врахування можливого зменшення генерації сонячних панелей введемо відповідний коефіцієнт зменшення генерації сонячними панелями:

$$k_{\text{С.Е.}}^{\text{зм}} = \frac{W_{\text{С.Е.}}^{\text{доб.сер.}}}{W_{\text{потр.}} - W_{\Sigma}^{\text{б.г.}}}, \quad (3)$$

де  $W_{\text{С.Е.}}^{\text{доб.сер.}}$  — середньорічне добове значення генерації за оптимальних умов інсталяції;

$W_{\text{потр.}}$  — потреби в електроенергії за добу, які визначаються за графіком навантаження ферми;

$W_{\Sigma}^{\text{б.г.}}$  — сумарна генерація електроенергії з використанням біогазової установки.

Як показують розрахунки значення коефіцієнта зменшення генерації для наведених в статті умов становить 2,6. Тобто, зниження потужності генерації сонячних панелей навіть в 2,6 рази не спричинить недостачу електроенергії для тваринницької ферми із автономним електропостачанням з генерацією на базі біогазової енергетичної установки та сонячних панелей. Отже використання комплексу біоенергетичної установки та сонячної електростанції в умовах ферми ВРХ мають достатній енергетичний потенціал для побудови автономного електропостачання на базі ВДЕ.

## 5. Висновки та пропозиції

1. Використання ВДЕ для автономного електропостачання має значний потенціал для зростання, зокрема генерація електроенергії біогазовою енергетичною установкою розрахована за мінімальними показниками для ферми ВРХ забезпечує 57 % необхідної електроенергії, крім того наявна ще і теплова енергія, яка використовується для опалення ферми. Сумісна робота біогазової установки та сонячних панелей, які встановлюються на даху ферми дозволяють покрити потребу в електроенергії із коефіцієнт зменшення генерації сонячними панелями 2,6.

2. Використання біогазу отриманого із відходів ферми ВРХ та разом із сонячними панелями дозволяє покрити потребу в електроенергії із значним запасом. Для типової ферми на 100 голів ВРХ цей запас становить близько 80%. Використання якого можливе із застосуванням накопичувачів електроенергії та формуванням запасу біогазу.

3. Встановлена електрична потужність біогазової установки, яка працює в комплексі з сонячними панелями, повинна становити як мінімум середнє значення потужності споживання для забезпечення автономного живлення споживачів тваринницької ферми, особливо в зимові місяці коли сонячна інсоляція мінімальна.

## Список використаних джерел

1. Войтюк Д. Г., Синявський О. Ю., Савченко В. В. Вплив якості електричної енергії на технологічні процеси в тваринництві. *Енергетика та автоматика*. 2015. №3. С. 60–69.
2. Калетнік Г. М. *Біопаливо. Продовольча, енергетична та економічна безпека України*: Монографія. К. : Хай-Тек Прес, 2010. 516 с.
3. Стаднік М. І. Оптимізація складу генеруючого обладнання автономного енергопостачання тваринницької ферми при використанні біогазу. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2018. №2(101). С. 81–88.
4. Кернасюк Ю. В. Науково-методологічні підходи до визначення собівартості виробництва та економічної ефективності продукції біоенергетичної утилізації гною. *Наукові праці КНТУ. Економічні науки*, 2010, Вип. 17. С. 61–68.
5. Гальчинська Ю. М. Розвиток вітчизняного потенціалу виробництва біогазу. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. №5(90), 2018 С. 19-27.
6. Патон Б. Є., Клой М. І., Коротинський О. Є. Умови ефективного застосування сонячних електроенергетичних систем. *Вісн. НАН України*, 2012. № 3. С. 48–58.
7. Осмонов О. М. *Расчет биоэнергетической установки: Методические указания*. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. С.95–102.
8. Смоляр В. І. Обґрунтування технологічних параметрів молочної ферми родинного типу. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2013. №. 3(32). С. 130–133.
9. Страшко В. В. Методика і програма розрахунку надходження сонячної радіації на довільно орієнтовану площину. *Проблеми загальної енергетики*. 2005. №. 12. С. 65–68.



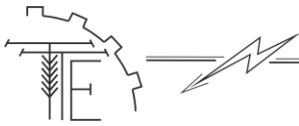
10. Кравченко В. П., Кравченко Е. В., Бондар І. В. Інструментальне визначення інсоляції в районі м.Одеси. *Енергосбережение. Енергетика. Енергоаудит*, 2015. С. 38–46.

### References

- [1] Voytyuk, D. H., Synyavs'kyy, O. Y., Savchenko, V. V. (2015). Vplyv yakosti elektrychnoyi enerhiyi na tekhnolohichni protsesy v tvarynnystvi [Influence of electric power quality on technological processes in animal husbandry], *Enerhetyka ta avtomatyka*, 3. 60–69. [in Ukrainian]
- [2] Kaletnik, H. M. (2010). *Biopalyvo. Prodovolcha, enerhetychna ta ekonomichna bezpeka Ukrainy: Monohrafiia* [Biofuels. Food, Energy and Economic Security of Ukraine: Monograph]. Kyiv: Khai-Tek Pres. [in Ukrainian].
- [3] Stadnik, M. I. (2018). Optymizatsiya vyroblenoho heneruyuchoho obladnannya avtonomnoho enerhopostachannya tvarynnys'tkoyi fermy pry postynomu biohazu [Optimization of the composition of the livestock farm's autonomous energy supply generating equipment using biogas]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 2(101), 81–88. [in Ukrainian].
- [4] Kemasyuk, Yu. V. (2010). Naukovo-metodolohichni pidkhody do vyznachennya sobivartosti vyrobnytstva ta ekonomichnoyi efektyvnosti produktsiyi bioenerhetychnoyi utylizatsiyi hnoyu [Scientific-methodological approaches to determination of production cost and economic efficiency of bioenergy manure utilization products]. *Naukovi pratsi KNTU. Ekonomichni nauky*, 17. 61–68. [in Ukrainian].
- [5] Halchynska, Y. M. (2018). Rozvytok vitchyznyanoho potentsialu vyrobnytstva biohazu [Development of domestic biogas production potential]. *Naukovyy visnyk Poltav's'koho universytetu ekonomiky i torhivli*, 5(90). 19–27. [in Ukrainian].
- [6] Paton, B. E. Klyuy, M. I., Korotyns'kyy, O. Y. (2012). Umovy efektyvnoho zastosuvannya sonyachnykh elektroenerhetychnykh system [Conditions for the efficient use of solar power systems]. *Visn. NAN Ukrayiny*, 3, 48–58. [in Ukrainian].
- [7] Osmonov, O. M. (2017). *Raschet bioenergeticheskoy ustanovki: Metodicheskiye ukazaniya* [Calculation of bioenergetic installation: Guidelines]. Moskva: FGBNU «Rosinformagroteh». [in Russian].
- [8] Smolyar, V. I. (2013) Obgruntuvannya tekhnolohichnykh parametriv molochnoyi fermy rodynnoho typu [Substantiation of technological parameters of dairy farm of family type]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho derzhavnoho ahrarnoho universytetu*, 3(32), 130–133. [in Ukrainian].
- [9] Strashko, V. V. (2005). Metodyka i prohrama rozrakhunku nadkhodzhennya sonyachnoyi radiatsiyi na dovil'no oriyentovanu ploshchynu [Methods and program for calculation of solar radiation intake on an arbitrarily oriented plane]. *Problemy zahal'noyi enerhetyky*, 12, 65–68. [in Ukrainian].
- [10] Kravchenko, V. P., Kravchenko, E. V., Bondar, I. V. (2015). Instrumental'ne vyznachennya insolyatsiyi v rayoni m.Odesy [Instrumental definition of insolation in the area of Odessa]. *Enerhosberezhenye. Enerhetyka. Enerhoaulyt*, 5. 38–46. [in Ukrainian].

### АВТОНОМНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ФЕРМЫ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В работе проведен анализ энергетического потенциала автономного электроснабжения на базе возобновляемых источников энергии в условиях животноводческой фермы. На основе расчетов количества отходов фермы, которые выступают в качестве сырья для биогазовой энергетической установки, определено количество электроэнергии, которая может быть произведена с биогаза. Также определено значение генерации электроэнергии при совместного использования биогазовой установки и солнечных панелей с целью полного покрытия потребности в электроэнергии. Установлено, что использование возобновляемых источников энергии для автономного электроснабжения имеет значительный потенциал для роста, в частности генерация электроэнергии биогазовой энергетической установкой рассчитана по минимальным показателям для фермы крупного рогатого скота обеспечивает 57% необходимой электроэнергии, кроме того имеется еще и тепловая энергия, которая используется для отопления фермы. Совместная работа биогазовой установки и солнечных панелей, установленных на крыше фермы позволяют покрыть потребность в электроэнергии с коэффициентом уменьшения генерации солнечными панелями 2,6. Использование биогаза полученного из отходов фермы крупного рогатого скота и вместе с солнечными панелями позволяет покрыть потребность в электроэнергии со значительным запасом. Для типичной фермы на 100 голов КРС этот запас составляет около 80%. Использование которого возможно с применением накопителей электроэнергии и формированием запаса биогаза. Установлено, что электрическая мощность биогазовой установки, которая работает в комплексе с



солнечными панелями, должна составлять как минимум среднее значение мощности потребления для обеспечения автономного питания потребителей животноводческой фермы, особенно в зимние месяцы когда солнечная инсоляция минимальна.

**Ключевые слова:** животноводческая ферма, график нагрузки, генератор, биогаз, солнечная энергетика автономное электроснабжение.

**Ф. 3. Рис. 5. Табл. 3. Лит. 10.**

### INDEPENDENT ELECTRICITY SUPPLY TO LIVESTOCK FARMS BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

*The paper analyzes the energy potential of autonomous power supply based on renewable energy sources in a livestock farm. Based on calculations of the amount of farm waste that act as raw materials for a biogas power plant, the amount of electricity that can be produced from biogas has been determined. The value of electricity generation was also determined when a biogas plant and solar panels are used together in order to fully cover the need for electricity. It has been established that the use of renewable energy sources for autonomous power supply has significant potential for growth, in particular, the generation of electricity by a biogas power plant is calculated according to the minimum indicators for a cattle farm, provides 57% of the required electricity, in addition, there is also thermal energy, which is used for heating farms. The combined operation of the biogas plant and solar panels installed on the roof of the farm allows to cover the need for electricity with a reduction factor of 2.6 solar panels generation. The use of biogas obtained from the waste of a cattle farm and together with solar panels makes it possible to cover the need for electricity with a significant reserve. For a typical farm of 100 cattle, this stock is about 80%. The use of which is possible with the use of energy storage devices and the formation of a biogas reserve. It has been established that the electrical power of a biogas plant, which works in conjunction with solar panels, should be at least the average value of the power consumption to provide autonomous power supply to consumers of the livestock farm, especially in the winter months when solar insolation is minimal.*

**Key words:** livestock farm, load schedule, generator, biogas, solar power autonomous electricity supply.

**F.3. Fig. 5. Table. 3 Ref. 10.**

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Стаднік Микола Іванович** – доктор технічних наук, професор кафедри «Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: [stadnik1948@gmail.com](mailto:stadnik1948@gmail.com) ).

**Гулько Ірина Василівна** – кандидат технічних наук, доцент, проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: [irynagunko@vsau.vin.ua](mailto:irynagunko@vsau.vin.ua)).

**Проценко Дмитро Петрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті» Вінницького національного технічного університету (Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, Україна, e-mail: [procenko.d.p@vntu.edu.ua](mailto:procenko.d.p@vntu.edu.ua)).

**Стадник Николай Иванович** – доктор технических наук, профессор кафедры «Кафедра электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: [stadnik1948@gmail.com](mailto:stadnik1948@gmail.com) ).

**Гулько Ирина Васильевна** – кандидат технических наук, доцент, проректор по научно-педагогической и учебной работе Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: [irynagunko@vsau.vin.ua](mailto:irynagunko@vsau.vin.ua) ).

**Проценко Дмитрий Петрович** - кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханических систем автоматизации в промышленности и на транспорте» Винницкого национального технического университета (Хмельницкое шоссе, 95, г. Винница, 21021, Украина, e-mail: [procenko.dp@vntu.edu.ua](mailto:procenko.dp@vntu.edu.ua) ).

**Stadnik Mykola** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Department of Electric Power, Electrical Engineering and Electromechanics " of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: [stadnik1948@gmail.com](mailto:stadnik1948@gmail.com) ).

**Gunko Iryna** – PhD, Associate Professor, Vice-rector for scientific-pedagogical and educational work Vinnytsia National Agrarian University (3 Solnechnaya St, Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: [irynagunko@vsau.vin.ua](mailto:irynagunko@vsau.vin.ua)).

**Protsenko Dmytro** - PhD, Associate Professor, Department of Electromechanical Automation Systems in Industry and Transportation, Vinnitsa National Technical University (Khmelnyske shose, Vinnytsia, 21021, Ukraine, e-mail: [procenko.dp@vntu.edu.ua](mailto:procenko.dp@vntu.edu.ua) ).