

УДК 620.91:662.63:662.767.2

Ярош Я.Д.*к.т.н., доцент, кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії**Факультет інженерії та енергетики**Житомирський національний агроекологічний університет**Житомир, Україна**E-mail : yaroslav.yarosh76@gmail.com*

ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В СУШІННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Анотація

У статті зроблено огляд сучасних підходів та технічних засобів для використання відновлюваної енергетики в аграрному виробництві. Проведено порівняльний аналіз техніко-економічної доцільності використання різних типів відновлюваних джерел енергії в післязбиральній доробці сільськогосподарської продукції. Для встановлення можливості використання відновлюваних джерел енергії у сушінні зернових використано імітаційну модель аграрного підприємства. Проведені дослідження доводять ефективність застосування біопалива в процесах післязбиральної доробки сільськогосподарської сировини. Встановлення раціональних конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи при сушінні з позиції адаптації до наявної сировинної бази для установок виробництва і використання біопалива потребує подальшого дослідження.

***Ключові слова :** сушіння, біодизель, біоетанол, біогаз, агарне підприємство, імітаційна модель.*

Вступ. Під час збирання урожаю зернових культур перед виробниками виникає проблема не лише швидкого збору урожаю з мінімальними затратам, але й доведення отриманої продукції до необхідних кондицій якості загалом, та вологості зокрема, оскільки зерно підвищеної вологості непридатне для зберігання. Одним із швидких та ефективних способів підготовки зерна до зберігання, дотримання його необхідних властивостей є сушіння. Особливо важливе значення має рівень використання енергії в зерновому виробництві, оскільки він впливає на якість кінцевої продукції та її вартість. Затрати на доведення зерна до кондиційної вологості (15%) сягають 30-70% від всіх енергетичних затрат післязбиральної обробки зерна. Ці затрати в основному пов'язані із витратами на енергетичні ресурси, тому доречним буде використання відновлюваних джерел енергії.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. З аналізу таблиці 1 випливає, що найбільш широко використовуваним відновлюваним джерел енергії на сьогодні є біомаса. Згідно з представленою в роботах [1, 2, 3] енергетичного сценарію використання біомаси буде зростати в найближчі десятиліття.

В залежності від сировини, з якої виготовляють біопаливо, його поділяють на 3 категорії [4]:

- біопаливо першого покоління – олійні культури, злакові, коренеплоди та сировина тваринного походження
- біопаливо другого покоління – відходи сільськогосподарського призначення;
- біопаливо третього покоління – водоростева біомаса.

Використання біомаси для виробництва електричної енергії для забезпечення технологічних операцій обробки сільськогосподарської продукції наразі є одним з найперспективніших способів використання відновлювальних джерел енергії [5]. Це обумовлене тим, що біомасу можна спалювати, газифікувати, ферментувати та

переробляти її на рідкі види біопалива [5]. Крім того спалювання біомаси відносять до «низьковуглецевих» процесів (low-carbon process) так як більша частина утвореного при спалюванні CO₂ може бути перероблена зворотно у біомасу рослинністю шляхом процесу фотосинтезу [5, 6]. З іншої сторони варто враховувати, що перетворення утвореного при спалюванні біомаси CO₂ назад у карбоногідрати (складові частини біомаси) відбувається не миттєво, а потребує багато років [7].

Таблиця 1. Глобальний сценарій генерування ВДЕ

Показник	2001 р.	2010 р.	2020 р.	2030 р.	2040 р.
Загальне споживання (еквівалент млн. тонн нафти)	10,038	10,549	11,425	12,352	13,310
Біомаса	1080	1313	1791	2483	3271
Гідроенергетика	22,7	266	309	341	358
Геотермальна енергія	43,2	86	186	333	493
Мала гідроенергетика	9,5	19	49	106	189
Вітрова енергетика	4,7	44	266	542	688
Геліотермічна енергетика	4,1	15	66	244	480
Фотоелектрична енергетика (фотовольтаїка)	0,1	2	24	221	784
Використання енергії моря (енергія припливів та хвиль)	0,1	0,4	3	16	68
Геліотермоелектрична енергетика	0,05	0,1	0,4	3	20
Використання ВДЕ (%)	13,6	16,6	23,6	34,7	47,7

Біомаса у переважній більшості випадків являється місцевою сировиною, що підвищує енергетичну ефективність її використання [7].

В літературі виділяють три найбільш поширених шляхи використання біомаси [2, 3, 7]:

- для одержання електричної/теплової енергії;
- для одержання палива для двигунів внутрішнього згорання;
- як сировина для хімічної промисловості.

Біомаса може бути перетворена в енергію шляхом термічного, біологічного та фізичного процесів. Найбільш ефективними серед термічних процесів перетворення біомаси в енергію є спалювання, піроліз та газифікація [8]. Однією з причин широкого використання спалювання біомаси для одержання теплової або електричної енергії є відпрацьованість всіх аспектів технології та відповідно мінімальні ризики для інвесторів [8].

В більшості випадків газифікація біомаси проводиться з метою подальшої генерації електричної енергії [8]. Але газифікація біомаси в даний час ефективно використовується в більшій мірі для великомасштабних виробництв. Наприклад, при газифікації біомаси з подальшим використанням в турбінних установках для вироблення електричної енергії, до паливного газу ставляться ряд технічних вимог щодо вмісту твердих часток, хімічного складу, тощо [8].

Також транспортування та зберігання газу, одержаного шляхом газифікації біомаси, є досить дороговартісним процесом і тому найефективніше використання такого газу полягає в миттєвому його використанні. У зв'язку з цим для ефективного виробництва електричної енергії з продуктів газифікації біомаси потрібна інтегрована система продукування біомаси, її газифікації, крекінгу та перетворення на електричну енергію [8].

Даний факт пояснюється необхідністю значних інвестицій в обладнання для газифікації [8].

В значній мірі спосіб перетворення біомаси в енергію визначається такими характеристиками біомаси як [7]:

- вмістом вологи (зовнішня та внутрішня);
- теплотвірною здатністю;
- зольністю;
- вмістом лужних металів;
- целюлозно-лігнінове відношення.

Використання біодизеля в стаціонарних генераторах з двигунами внутрішнього згорання є одним з доцільних способів використання біодизеля [5].

За звичай нижня теплотворна здатність біопалива знаходиться в межах 17-21 МДж/кг [6, 7]. Але з урахуванням того, що біомаса найчастіше має рівень вологості (до 50%), температура горіння і кількість виділеного тепла є нижчими [6, 7]. Часто в котельних установках біопаливо спалюється з вологістю до 15%. Низький рівень вологи біопалива дозволяє зменшити розміри топки для палива та знизити рівень викидів незгорілих частинок в атмосферу. Стабільно низький рівень вологості біомаси необхідний для стабільності процесів горіння і стабільності роботи всього теплового агрегату.

Одним з бар'єрів до більш широкого і ефективного використання біомаси як джерела енергії є питання логістики, зберігання та безперебійного постачання біомаси з низькою вологістю [9].

Мета дослідження: на основі розробленої комп'ютерної імітаційної моделі функціонування аграрного підприємства із виробництвом сільськогосподарської продукції та біопалива встановити можливість використання відновлюваних джерел енергії для сушіння сільськогосподарської сировини.

Методика дослідження. Визначення можливості використання відновлюваних джерел енергії для сушіння сільськогосподарської сировини виконувалося на основі імітаційного комп'ютерного моделювання.

Результати дослідження. Для встановлення доречності використання відновлюваних джерел енергії на біомасі було використано імітаційну модель функціонування аграрного виробництва [2, 3]. (рис. 1).

Дана модель включає в себе: сівозміну із вирощуванням основних сільськогосподарських культур, передбачає виробництво м'яса свиней, ВРХ, риби та курей, молока, яєць, олії, цукру, меду та грибів. Модель також передбачає виробництво дизельного біопалива і біоетанолу в кількості необхідній для забезпечення роботи мобільної техніки та сушильних установок, а також біогазу для подальшого отримання електроенергії й тепла та спалювання рулонів або січки соломи для отримання тепла та електроенергії.

Для досягнення поставленої мети, в модель було введено блок, що визначає обсяг сільськогосподарської продукції, яка надходить на сушіння. Та визначає витрати теплової і електричної енергії в процесі сушіння

В наведеній моделі було використано уточненні питомі витрати енергії на відповідні сільськогосподарські процеси (табл. 2).

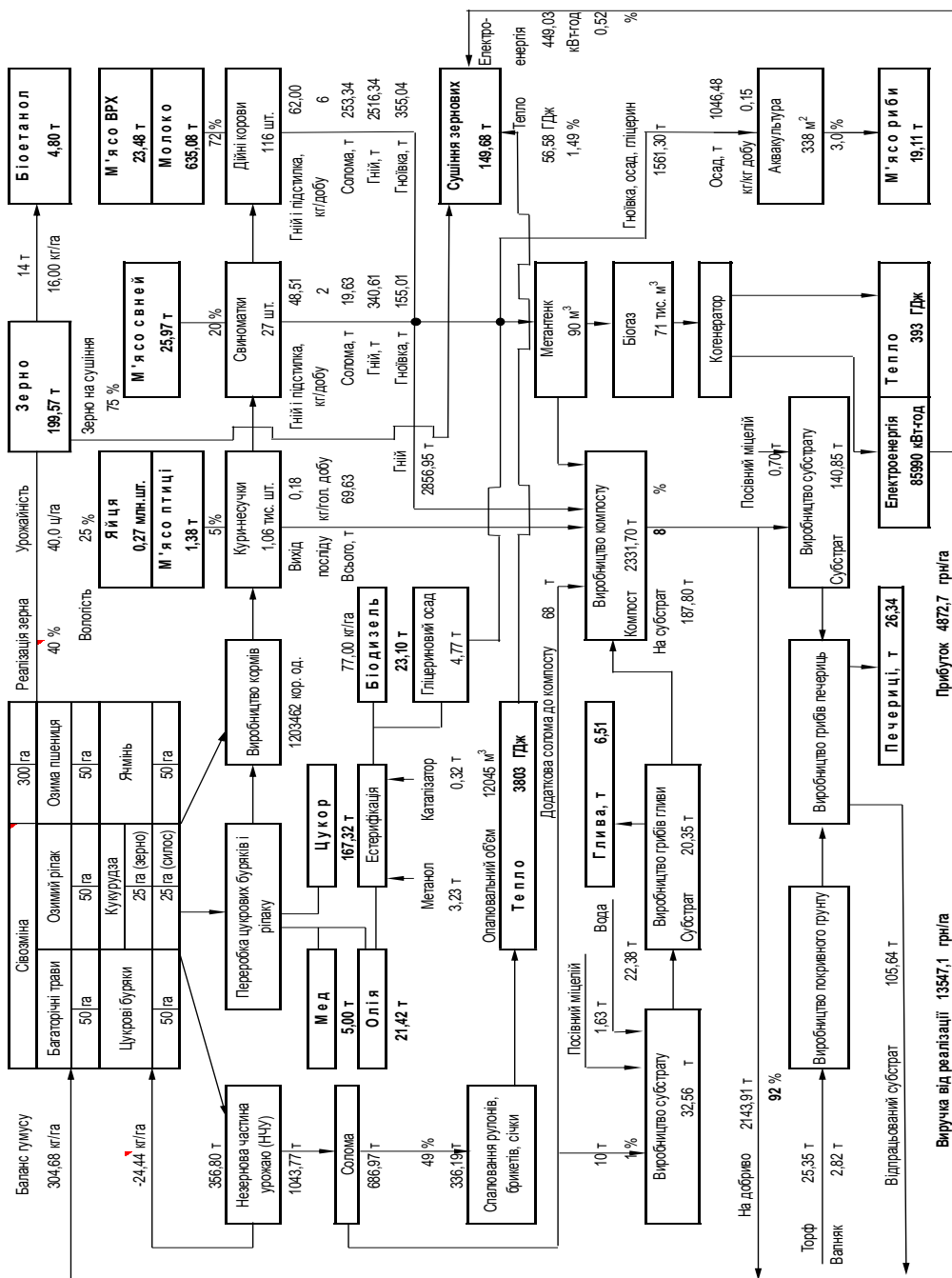


Рис. 1. Схема функціонування модельного аграрного підприємства із виробництвом та використанням біопалива

Таблиця 2. Значення питомої витрати енергії на сільськогосподарські процеси

Процес	Питома потреба	
В тепловій енергії		
Сушіння зерна	0,55	ГДж/т
Виробництво я'єць	0,0067	ГДж/тис. шт.
Виробництво м'яса птиці	0,61	ГДж/т
Виробництво свинини	3,7	ГДж/т
Виробництво яловичини	4,5	ГДж/т
Виробництво молока	2,8	ГДж/т
Виробництво грибів	3	ГДж/т
Виробництво риби	10	ГДж/т
В електроенергії		
Очистка зерна	0,8	кВт год./т
Сушка зерна	3	кВт год./т
Виробництво яєць	0,31	кВт год./тис. шт
Виробництво м'яса птиці	28,1	кВт год./т
Виробництво свинини	185	кВт год./т
Виробництво яловичини	233	кВт год./т
Виробництво молока	310	кВт год./т
Виробництво грибів	326	кВт год./т
Виробництво риби	420	кВт год./т
Виробництво біогазу	300	кВт год./тис. м ³
Виробництво дизельного біопалива	125	кВт год./т

Необхідно зауважити, що значення наведені в табл. 2 для інших умов господарської діяльності можуть відрізатися, так як вони залежать від рівня технологічних процесів, стану будівель, кліматичних показників тощо.

Розрахунки показали що модельне підприємство на основі відновлюваних джерел енергії може мати потенціал в 85590 кВт електроенергії та 4196 ГДж теплової енергії. Для сушіння 149,7 тон зерна (відсоток зерна, що вимагає сушіння було прийнято на рівні 75 %) необхідно витратити 1,5 % прогнозованого потенціалу теплової енергії та 0,5 % електричної. Тому можна стверджувати, що використання відновлюваних джерел енергії на біомасі можливе в процесах сушіння сільськогосподарської продукції.

Висновки і перспективи. Використання відновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві, загалом і для сушіння, зокрема, є одним з ключових напрямків розвитку аграрного виробництва України.

Модельне підприємство із площею ріллі 300 га на основі відновлюваних джерел енергії може мати потенціал в 85590 кВт електроенергії та 4196 ГДж теплової енергії. Для сушіння 149,7 тон зерна (відсоток зерна, що вимагає сушіння було прийнято на рівні 75 %, при урожайності 40 ц/га) необхідно витратити 1,5 % прогнозованого потенціалу теплової енергії та 0,5 % електричної.

При використанні сучасного обладнання для виробництва і використання біопалива в модельному підприємстві загальний рівень забезпечення тепловою енергією складе 100%, а електричною – до 20%. Для підвищення рівня забезпечення електричною енергією, необхідно обґрунтувати процеси газифікації біомаси в умовах аграрних підприємств а удосконалити обладнання для виробництва та використання отриманого газу.

Список використаних джерел

1. Panwara N. L., Kaushik S. C., Surendra K. H. Role of renewable energy sources in environmental protection. *Renewable and Sustainable Energy Review*. 2011. № 5. С. 1513–1524.
2. Голуб Г. А., Кухарець С. М. Ефективність функціонування багатопрофільного сільськогосподарського підприємства. *Науковий вісник НУБіП України. Серія Техніка та енергетика АПК*. 2015. Вип. 212, ч. 2. С. 35–44.

- 3.Кухарець С. М. Підвищення енергетичної автономності агроєкосистем. Механіко-технологічні основи : монографія. Житомир : ЖНАЕУ, 2016. 192 с.
- 4.McKendry P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass [Text]. *Bioresource Technology*. 2002. № 83. С. 37–46.
- 5.Emberga T. Generation of small scale electricity from biomass. *Standard Scientific Research and Essays*. 2014. № 2. С. 287–306.
- 6.Li H., Chen Q., Zhang X. Evaluation of a biomass drying process using waste heat from process industries: a case study. *Applied Thermal Engineering*. 2012. № 35. С. 71–80.
- 7.Bridgwater A.V. Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. *Chemical Engineering Journal*. 2003. № 91. С. 87–102.
- 8.Golub G.A., Kukharets S.M., Yarosh Y.D., Kukharets V.V. Integrated use of bioenergy conversion technologies in agroecosystems. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2017. Vol. 51. No. 1. С. 93–100.
- 9.Rentizelas A. A., Tolis A. J., Tatsiopoulou I. P. Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain. *Renewable and Sustainable Energy*. 2009. №13. С. 887–894.

*Дата надходження статті до редакції : 21.08.2017
1 рецензування 15.09.2017 Прийняття в друк: 14.12.2017*

Yarosh Ya.D.

*PhD (Technics), Associate Professor, Dean
Faculty of Engineering and Energy,
Zhytomyr National Agroecological University
Zhytomir, Ukraine
E-mail : yaroslav.yarosh76@gmail.com*

THE USE OF RENEWABLE ENERGY IN THE DRYING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Abstract

The paper studies modern approaches and technical means of renewable energy usage in agrarian production. Much attention is given to comparative analysis of technical and economic feasibility of using different types of renewable energy sources in post-harvest agricultural products. Drying is one of the fastest and the most effective ways of preparing grain for storage to keep its necessary properties. The level of energy usage in grain production is particularly important because it affects both the quality and cost of the final product. The process of grain drying (when humidity is at the level of 15 %) takes about 30-70 % of all energy costs of after grain harvesting. These costs are mainly related to the cost of energy resources, so the usage of renewable energy sources will be appropriate.

Determination of the possibility of using the renewable energy sources for drying agricultural raw materials was carried out on the basis of computer simulation. A study demonstrated that a plant that occupies the area of 300 hectares of arable land on the basis of renewable energy sources can have a potential of 85590 kw of electricity and 4196 GJ of thermal energy. To dry 149.7 tons of grain (the percentage of grain was taken at 75 %, yielding of 40 c / ha) it is necessary to spend 1.5 % of the forecasted potential of thermal energy and 0.5 % of electric energy.

The usage of renewable energy sources in agricultural production is an important strategy for the development of agrarian production in Ukraine. It is necessary to establish the rational structural and technological parameters of drying plants for biomass.

Keywords: *drying, biodiesel, bioethanol, biogas, agrarian production, simulation model.*

References

1. Panwara, N. L., Kaushik, S. C., & Surendra, K. H. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 5, 1513–1524.
2. Golub, G. A., & Kukharets', S. M. (2015). Efektivnist funktsionuvannya bagatoprofil'nogo

sil'skogospodars'kogo pidpriemstva. Nauk. visn. NUBiP Ukraini. Ser. *Tekhnika ta yenergetika APK*, 212 (2), 35-44. [in Ukrainian].

3. Kukharets, S. M. (2016). *Pidvyshchennya enerhetychnoyi avtonomnosti ahroekosystem. Mekhaniko-teknolohichni osnovy : monohrafiya*. Zhytomyr : ZHNAEU. [in Ukrainian].

4. McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology*, 83, 37–46.

5. Emberga, T. (2014). Generation of small scale electricity from biomass Terhemba Emberga. *Standard Scientific Research and Essays*, 2, 287–306.

6. Li, H., Chen, Q., & Zhang, X. (2012). Evaluation of a biomass drying process using waste heat from process industries: A case study. *Applied Thermal Engineering*, 35, 71–80.

7. Bridgwater, A.V. (2003). Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. *Chemical Engineering Journal*, 91, 87–102.

8. Golub, G.A., Kukharets, S.M., Yarosh, Y.D., & Kukharets V.V. (2017). Integrated use of bioenergy conversion technologies in agroecosystems. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 51 (1), 93–100.

9. Rentizelas, A. A., Tolis, A. J., & Tatsiopoulos, I. P. (2009). Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain. *Renewable and Sustainable Energy*, 13, 887–894.

Received: August 21, 2017

Revision: September 15, 2017 Accepted: December 14, 2017