

УДК 66.012, 631.8, 662.76

**АПРОБАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА СУХОГО ГРАНУЛЯТА З  
НАТИВНОГО КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ З ПОДАЛЬШИМ ЙОГО  
ВИКОРИСТАННЯМ ДЛЯ ОТРИМАННІ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ ТА  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

*О.В. Шеліманова, кандидат технічних наук, доцент*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*В. О.Кремньов, старший науковий співробітник*

*А.В. Ляшенко, старший науковий співробітник*

*В.В. Михалевич, науковий співробітник*

*М. С. Коханенко, молодший науковий співробітник*

*Інститут технічної теплофізики НАН України*

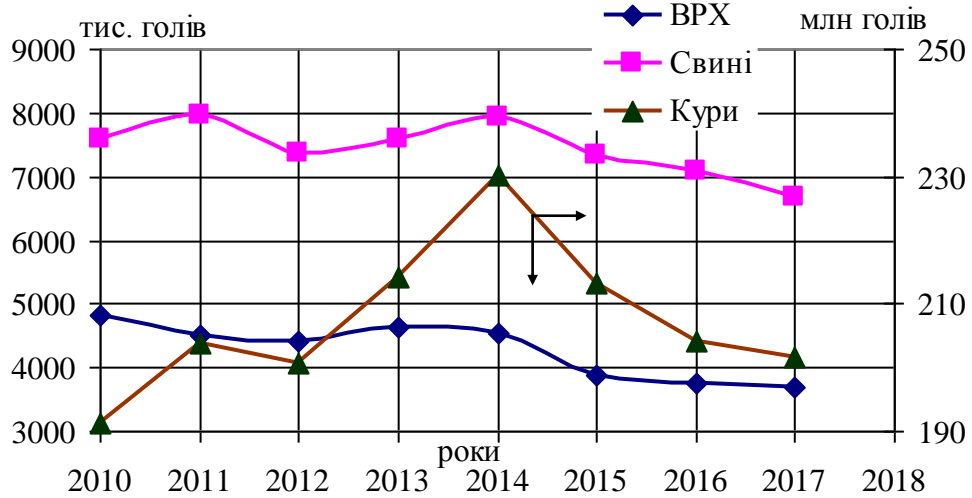
*e-mail: shelemanova@ukr.net*

**Анотація.** *Актуальність дослідження обумовлена необхідністю пошуку можливостей переробки органічних відходів на біогаз, тверде біопаливо, біодобриво та ін. В Україні накопичення органічних відходів постійно зростає, а переробка відбувається на рівні до 5%. Мета дослідження – одержання даних необхідних для розробки технології переробки нативного курячого посліду на генераторний газ з подальшим виробництвом електроенергії. Виконувались експериментальні дослідження фізико – механічних характеристик початкової сировини та готового продукту при напрацюванні сухого грануляту з подальшим його використанням при виробництві генераторного газу та електроенергії. Запропонований спосіб сумісного сушіння та подрібнення біомаси в одній камері дозволяє отримувати сухий гранульований продукт високої якості при мінімальних енергетичних затратах до 4000 кДж/кг випареної вологи. Проведені дослідження показали, що сировина з додаванням тирси в кількості 10 – 12 % (мас.) придатна до газифікації та подальшому використанню для роботи міні електростанції.*

**Ключові слова:** *органічні відходи, альтернативного біопалива, газифікація, генераторний газ*

**Актуальність.** *Україна має значний потенціал ресурсоцінних відходів, які можна переробляти у біогаз, біодобрива, сухі формовані біодобрива, біопалива, тощо. Аналізуючи дані Держкомстату України з поголів'я тварин та птиці видно,*

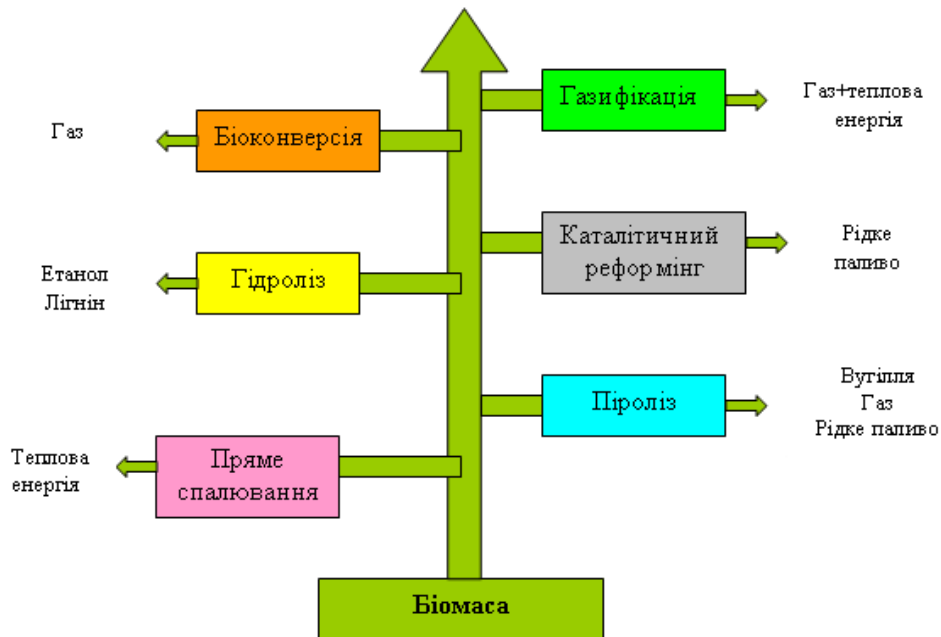
як щороку зростає накопичення великої кількості органічних відходів [1,2] (рис.1).



**Рис.1.** Динаміка поголів'я тварин та птиці за 2010-2017 рр.

На основі приведеної кількості відходів (рис.1) можна розгорнути різноманітну їх переробку з виробництвом біогазу, біодобрив, біопалив, тощо.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Існує шість основних напрямів використання енергетичного потенціалу біологічної сировини і відходів (рис.2).



**Рис. 2.** Основні напрямки використання енергетичного потенціалу біологічної сировини та відходів

Відомо, що газифікація біомаси є одним з найбільш дешевих та екологічно безпечних способів отримання електричної та теплової енергії. Існує два прямих способи одержання газу з біомаси – мікробіологічний та термічний (піролітичний). До переваги способу газифікації біомаси перед прямим спалюванням слід віднести незначну кількість речовин, які забруднюють навколишнє середовище (наприклад  $\text{NO}_x$ ), тобто сприятливі екологічні показники в порівнянні з іншими енергетичними технологіями [3 – 4].

В ІТТФ НАН України довгий час проводяться дослідження з переробки органічних відходів птахівничих підприємств в кінцевий готовий продукт [5 – 6]. Одним з таких способів є використання установки сумісних процесів сушіння та подрібнення.

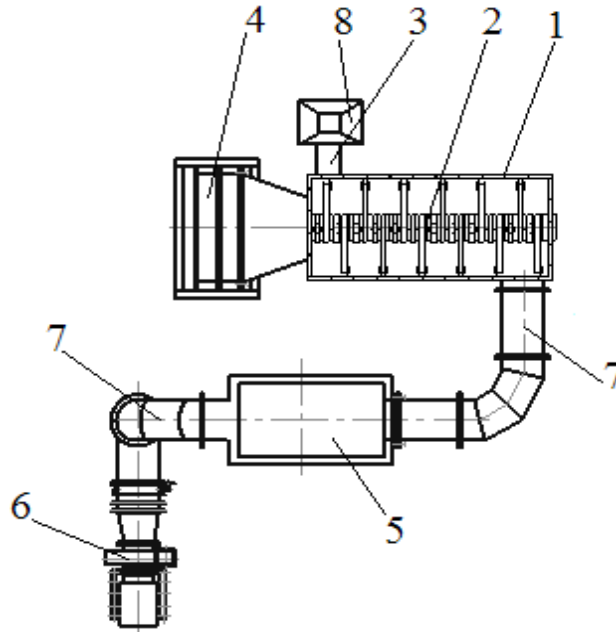
**Мета дослідження** – експериментально підтвердити можливості вироблення генераторного газу та електричної енергії з нього, використовуючи готовий продукт на основі нативного курячого посліду, який отриманий на експериментальному стенді сумісних процесів сушіння та подрібнення. Напрацювання дослідно-промислової партії сухого грануляту з нативного курячого посліду та суміші посліду з тирсою. Дослідження складу генераторного газу при газифікації сухого грануляту і визначення його калорійності.

**Матеріали та методи дослідження.** На рис. 3. показано схему експериментального стенда для дослідження сумісних процесів сушіння та подрібнення біомаси.

Установка дозволяє вивчати вплив початкової вологості матеріалу  $W$ , швидкості обертів ротора  $n$ , температури теплоносія  $t$  на процес зневоднення, ступінь диспергування і інтенсивність тепло- та масообміну між матеріалом, що досліджується, та газоподібним теплоносієм.

Установка складається з таких основних вузлів: камери 1 сумісного процесу сушіння і подрібнення, ротора 2, шнекового живильника-дозатора 3 для початкової сировини, теплогенератора 4, групи циклонів 5 для розділення твердої

та газоподібної фаз, що відділяють готовий продукт від теплоносія, вентилятора 6, системи повітроводів 7, приймального бункера 8.



**Рис. 3. Схема установки для дослідження сумісних процесів сушіння та подрібнення біомаси**

Установка працює так.

Початкова сировина транспортером подається в приймальний бункер 8 установки, звідки за допомогою шнекового живильника – дозатора 3 поступає в робочу камеру 1, в якій відбувається диспергування сировини до необхідної дисперсності з розвитком поверхні контакту фаз за допомоги біл, що встановлені на роторі 2 та сушіння матеріалу до необхідної вологості. Швидкість обертання біл ротора регулюється в межах від 0–700 об/хв за допомогою електронного перетворювача частоти. Сушильний агент надходить до робочої камери з теплогенератора 4. Температура теплоносія на вході в робочу камеру змінюється в межах від 20 до 600 °С. З робочої камери теплоносії та готовий продукт надходить до пристрою розділення твердої та газоподібної фаз 5, де відбувається їх розділення. Установка знаходиться під розрідженням, що створюється за допомогою вентилятора 6. Температура вимірюється за допомогою цифрового пристрою вимірювання та регулювання температури УКТ38 – Щ4.К та

передається через адаптер АС–2 на персональний комп'ютер. Регулювання частоти обертів всіх механізмів здійснюється перетворювачами частоти. Досліджуваний матеріал зважується на вагах. Витрата повітря визначається за допомогою трубки Піто та мікроманометру.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Виконувались експериментальні дослідження фізико – механічних характеристик початкової сировини та готового продукту при напрацюванні сухого грануляту з подальшим його використанням при виробництві генераторного газу та електроенергії. А саме: працювали з курячим послідом та сумішшю курячого посліду з тирсою у відповідних співвідношеннях.

Фізико-механічні властивості сировини (нативний курячий послід) яка була використана в експериментальному дослідженні представлені в таблиці 1.

### **1. Фізико-механічні властивості сировини**

Найменування	Вологість, %	Абс.сухі, %	Біогенні, %	Зольність, %	Гранулометр.. склад	Насипна вага, кг/м <sup>3</sup>
Нативний продукт (курячий послід)	45,54	54,46	81,51	18,49	не розсипчаста маса	660

Подрібнена деревина (тирса), яка використовувалась в суміші, мала наступні фізико-механічні характеристики: вологість – 24 %, органічна складова (біогенні (по відношенню до абсолютно сухих)) – 97,6 %, зольність відповідно – 3,24%, насипна вага (середня) – 240 кг/м<sup>3</sup>.

В табл. 2. наведено характеристики готового продукту з нативного курячого посліду: 1-а партія – 86% по вазі – нативний послід; 14% по вазі – тирса; 2-а партія – 100% нативний продукт.

В таблиці 3. наведено середні значення гранулометричного складу сухого продукту з курячого посліду, що отриманий в установці сумісних процесів сушіння та подрібнення.

## 2. Характеристики готового продукту

Найменування	Вологість, %	Абс. сухі, %	Біог., %	Зольність, %	Гр. склад	Насипна вага, кг/м <sup>3</sup>
1-а партія	10,63	89,27	84,74	15,26	Див. табл..	440
2-а партія	9,33	90,67	76,14	23,86	№3	500

## 3. Середні значення гранулометричного складу сухого продукту

№ сита	1-а партія	2-а партія
5	10,71	7,75
3	21,67	18,98
1,6	23,28	24,68
1	27,8	27,96
0,63	14,10	17,96
0,315	2,38	2,5
0,2	-	-

Кількісний склад мінерального піску, що входить до зольності: 25% (мас.).

Аналіз проб газу проводили на газовому хроматографі 6890N фірми Agilent.

Умови аналізу: детектор – катарометр. Температура детектора – 200°C. Газ – носій – аргон. Аналіз легких газів проводився на колонці MOLSIV, довжиною 15 м. Аналіз вуглеводнів – на колонці PLOTQ, довжиною 15 м. Дослідні об'єми зразків газу вводили безпосередньо в дозатор хроматографу.

В табл. 4. наведено хімічні характеристики отриманого генераторного газу з готового продукту на основі нативного курячого посліду: 1-а партія – 86 % за вагою – нативний послід; 14% за вагою – тирса; 2-а партія – 100 % нативний продукт.

Середня калорійність проб газу була в межах 1100 – 1200 ккал/нм<sup>3</sup>.

Таким чином, на основі відходів агропромислового виробництва (курячого посліду) приготовано дослідну партію альтернативного біопалива, проведено газифікацію біопалива, отримано генераторний газ, який було використано в міні електростанції AKSA AAR 8000E з виробництвом змінного електричного

струму.Ця технологія має перспективи для подальшого впровадження в народному господарстві.

#### **4. Хімічні характеристики генераторного газу**

Компоненти	1-а партія		2-а партія	
	Бюрет№1 % об.	Бюрет№2 % об.	Бюрет№1 % об.	Бюрет№2 % об.
H <sub>2</sub>	11,72	12,65	11,39	12,28
N <sub>2</sub>	55,55	50,41	53,98	48,93
CH <sub>4</sub>	3,52	4,52	3,43	4,39
CO	19,86	21,72	19,29	21,07
CO <sub>2</sub>	8,99	9,84	8,74	9,55
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,23	0,44	0,22	0,42
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,10	0,07	0,10	0,07
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,03	0,11	0,03	0,11
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0	0,16	0	0,16
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0	0,02	0	0,02
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0	0,06	0	0,06
H <sub>2</sub> O	-	-	2,82	2,94
	100	100	100	100

#### **Висновки і перспективи.**

1. Аналіз літератури показує перспективність переробки органічних відходів птахівничих підприємств з використанням новітнього обладнання і технологій та створенні на їх основі готового продукту для подальшого його використання в процесах газифікації та отримання електричної енергії.

2. Запропонований спосіб сумісних процесів сушки та подрібнення в одній камері дозволяє отримувати сухий гранульований продукт високої якості при мінімальних енергетичних затратах до 4000 кДж/кг випареної вологи.

3. Проведені дослідження показали, що сировина з додаванням тирси в кількості 10 – 12 % (мас.) придатна до газифікації з усталеним режимом роботи міні електростанції.

### Список літератури

1. [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua) – сайт Держкомстату.
2. Єрмоленко В. О. Біологічно активні добрива (технологія виробництва) / В. О. Єрмоленко. – К.: Науково – виробничий центр СТ «Вибір», 2002. – 151с.
3. Сергеев В. В. Теплоэнергетические основы промышленной слоевой газификации растительной биомассы / Сергеев В. В. – СПб.: автореф. докторской диссертации, . – 2009. – 32 с.
4. Колієнко В. А. Особливості спалювання горючих газів із змінними характеристиками процесу горіння / В. А. Колієнко, О. В. Шеліманова // Науковий вісник НУБіП України. – 2015. – Вип. 209, ч. 2. – С. 181 – 188.
5. Бацман В. Е. Технология промышленной сушки помета и повышение эффективности его использования / В. Е. Бацман. – К.: «Урожай», 1974. – 53 с.
6. Пат. 49454 України на корисну модель, МПК F26B 17/18 (2006.01). Сушарка для пастоподібних матеріалів / Процишин Б. М., Михалевич В. В., Ляшенко А. В.; заявник та власник Інститут технічної теплофізики. – № 2009 12497; заявка 03.13.2009; опубл. 26.04.2010, Бюл. № 5.

### References

1. Available at: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).
2. Ermolenko, V. O. (2002). Biologichno aktivni dobriva (texnologiya virobництва) [Biologically active fertilizers (production technology)]. Kyiv: Naukovo – virobничij centr st «Vibir», 151
3. Sergeev, V. V. (2009). Teploenergeticheskie osnovy promyshlennoj sloevoj gazifikacii rastitelnoj biomassy [Thermal Energy Basics of Industrial Layered Gasification of Plant Biomass]. Spb.: avtoref. doktorskoj dissertacii, 32.
4. Koliienko, V.A , Shelimanova O.V. (2015). Osoblyvosti spaliuvannia horiuchykh haziv iz zminnymy kharakterystykamy protsesu horinnia [Specific features of combustible gas from the most important characteristics of the city] Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy, 209(2), 181 – 188.
5. Batsman, V. Ye. (1974). Tekhnologiya promyshlennoy sushki pometa i povysheniye effektivnosti yego ispol'zovaniya [Technology of industrial drying of litter and increasing the efficiency of its use]. Kyiv: «Urozhay», 53.
6. Pat. 49454 Ukraїne, MPK F26B 17/18 (2006.01). Susharka dlya pastopodіbnykh materіalіv [Drying agent for paste-like materials]. Protsishin B. M., Mikhalevich V. V., Lyashenko A. V.; zayavnik ta vlasnik Іnstitut tekhnіchnoї teplofіziki. – № 2009 12497; zayavka 03.13.2009; opubl. 26.04.2010, Byul. № 5.

### **АПРОБАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХОГО ГРАНУЛЯТА ИЗ НАТИВНОГО КУРИНОГО ПОМЕТА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

*Е. В. Шелиманова, О. В. Кремнев, А. В. Ляшенко, В. В. Михалевич,  
М. С. Коханенко*



**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска возможностей переработки органических отходов в биогаз, твердое биотопливо, биоудобрение и др. В Украине накопление органических отходов постоянно растет, а переработка происходит на уровне до 5%. Цель исследования - получение данных необходимых для разработки технологии переработки нативного куриного помета в генераторный газ с последующим производством электроэнергии. Выполнялись экспериментальные исследования физико - механических характеристик исходного сырья и готового продукта при наработке сухого гранулята с последующим его использованием при получении генераторного газа и электроэнергии. Предложенный способ совместной сушки и измельчения биомассы в одной камере позволяет получать сухой гранулированный продукт высокого качества при минимальных энергетических затратах до 4000 кДж / кг выпаренной влаги. Проведенные исследования показали, что сырье с добавлением опилок в количестве 10 - 12% (масс.) пригодно к газификации и последующему использованию для работы мини электростанции.

**Ключевые слова:** органические отходы, альтернативное биотопливо, газификация, генераторный газ

**PROCESSING OF PRODUCTION OF DRY GRANULATE FROM  
NATIVE CHICKEN MANURE IN THE CHAMBER OF COMBINED  
PROCESSES OF DRYING AND GROWING SHALLOW WITH THE  
FURTHER USE THE PRODUCTION OF GENERATOR GAS AND ELECTRIC  
POWER**

**O. Shelimanova, O. Kremnev, A. Lyashenko, V. Mikhalevich, M. Kohanenko**

**Abstract.** *The relevance of the study is due to the growing search for opportunities and the development on their basis of technologies for the processing of organic waste in biogas, solid biofuels, biofertilizers, etc. In Ukraine, the accumulation of organic waste is constantly increasing, and processing is at the level of up to 5%. The purpose of the study is to obtain the data necessary for the development of the technology for processing native chicken manure for generator gas with the subsequent production of electricity. Experimental studies of the physico - mechanical characteristics of the feedstock and the finished product were carried out when dry granulate was produced and then used in the production of generator gas and electric power. The proposed method of joint drying and shredding of biomass in one chamber allows to receive a dry granular product of high quality at minimum energy costs up to 4000 kJ / kg of evaporated moisture. The conducted researches have shown that the raw material with addition of sawdust in the amount of 10 - 12% (by weight) is suitable for gasification with the established mode of operation of the mini power plant.*

**Keywords:** *organic waste, alternative biofuel, gasification, generator gas*