

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

УДК 631.371: 620.92

ЛІЩУК Анатолій Вадимович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Обґрунтування параметрів роботи газогенератора для
отримання газу із біомаси.**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

А.В.Ліщук

Керівник роботи

Ярош Я.Д.

Доктор технічних наук, доцент

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

ЛІЩУК Анатолій Вадимович. Обґрунтування параметрів роботи газогенератора для отримання газу із біомаси.. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

В роботі виконано дослідження параметрів газогенератора. В дослідженні номер один було визначення впливу розмірів та виду палива на вміст чадного газу в горючому газі. Встановлено, що максимальний вміст горючої компоненти в генераторному газі досягається при використанні палива із середньою лінійною довжиною частинок 7...10 мм, що відповідає використанню паливних гранул. Причому для соломи вміст горючої компоненти більший на 5% ніж для деревини.

Проте використання соломи технічно ускладнене через виникнення на колосниковій решітці твердих утворень, які затрудняють процес отримання горючого газу.

В дослідження номер два було визначення впливу висоти робочої зони газогенератора на вміст чадного газу в горючому газі. Результати

В дослідження номер три було визначення вплив подачі повітря на вміст чадного газу в горючому газі.

В процесі експериментальних досліджень встановлено, що найбільший вміст чадного газу (горючої компоненти) 28...30% досягається при таких параметрах: середній розмір частинок палива – 7...10 мм, висота робочої зони газогенератора – 65...70 мм, подача повітря в робочу область газогенератора 9...11 л/с.

Ключові слова: горючий газ, солома, деревина, паливні гранули, повітря, робоча область, лінійний розмір

ANNOTATION

LISHCHUK Anatolii. Substantiation of gas generator operation parameters for biomass gas production. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

The study of gas generator parameters is performed in the work. The number one study was to determine the effect of fuel size and type on carbon monoxide content in combustible gas. It is established that the maximum content of combustible component in the generator gas is achieved when using fuel with an average linear particle length of 7... 10 mm, which corresponds to the use of fuel pellets. Moreover, for straw the content of the combustible component is 5% higher than for wood.

However, the use of straw is technically complicated due to the appearance on the grate of solid formations that complicate the process of obtaining combustible gas.

Study number two was to determine the effect of the height of the working area of the gas generator on the content of carbon monoxide in the combustible gas. Results

Study number three was to determine the effect of air supply on carbon monoxide content in combustible gas.

In the process of experimental research, it was found that the highest content of carbon monoxide (combustible component) 28... 30% is achieved with the following parameters: average fuel particle size – 7... 10 mm, height of the working area of the gas generator – 65...70 mm, air supply to the working area of the gas generator 9...11 l/s.

Keywords: combustible gas, straw, wood, fuel pellets, air, working area, linear size

Зміст

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПРИ ГАЗИФІКАЦІЇ БІОМАСИ.....	7
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
ВИСНОВОК.....	21
Список використаних джерел	22

ВСТУП

Виробництво горючого газу із відходів деревини та відходів рослинництва в аграрному виробництві дозволить отримати паливо – горючий газ. Далі із використанням горючого генераторного газу можна забезпечити виробництво тепла та електроенергії, що дозволить вирішувати енергетичну проблему.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження – забезпечити ефективне виробництво генераторного горючого газу шляхом удосконалення газогенераторів та обґрунтуванням процесу їх роботи та параметрів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі **наукові задачі**:

- виконати аналіз основних проблем, що виникають в процесі газифікації деревини та біомаси;
- розробити методику досліджень газогенераторів;
- провести дослідження впливу параметрів газогенератора на вміст горючої компоненти, а саме чадного газу, в складі отриманого генераторного газу.

Об’єкт дослідження: технологічні процеси виробництва генераторного газу на основі біомаси та деревини.

Предмет дослідження: параметри отриманого горючого газу у взаємозв’язку із конструкційними параметрами газогенератора, параметрами палива та процесу роботи.

Методи дослідження: Експериментальні дослідження виконувались згідно положень математичної статистики із застосуванням методики Бокса-Бенкіна. В процесі проведення досліджень використовувалися стандартні та розроблені нами методики.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати дають змогу обґрунтувати параметри процесу утворення горючого газу та удосконалити конструкцію газогенератора.

Апробація результатів роботи.

1. Ярош Я.Д., Кухарець М.М, Ліщук А.В. Методика виконання досліджень параметрів газогенераторів. Біоенергетичні системи: матеріали IV Міжн. наук.-практ. конф., 29 трав. 2020 р. Житомир : Вид.-во ПНУ, 2020. С. 139–140.

2. Ліщук А.В. Аналіз проблем, що виникають в процесі газифікації біомаси. Наукові читання–2020: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, 5-6 березня 2020 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 125–127.

Структура та обсяг. Магістерська робота викладена на 24 сторінках, складається із вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел із 20 найменувань, містить 8 рисунків, 4 таблиці.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПРИ ГАЗИФІКАЦІЇ БІОМАСИ

Значні викиди парникових газів від спалювання викопного палива (природний газ, дизельне паливо, вугілля тощо) спонукають людей перейти на відновлювані джерела енергії [1]. Створюється цілий ряд нових типів обладнання, що використовує пелети, брикети, рулони та тюки соломи чи іншої біомаси, лущиння соняшнику, тирси, деревної стружки, дров тощо [2]. Однак пряме спалювання біомаси рослин викликає труднощі, пов'язані з неоднорідністю біомаси, відносно високим вмістом води, низькою щільністю енергії та низькою температурою плавлення золи. Отже, для отримання стабільного потоку енергії до споживача шляхом спалювання рослинної біомаси було б доцільним використання газифікаторів або газогенераторів, або генераторів горючого газу, які термохімічно перетворюють тверду біомасу в горючий газ, який називають генераторним [3, 4]. Генераторний газ використовується в якості палива для двигунів внутрішнього згоряння [5], газотурбінних установок [6] та подальшого виробництва електроенергії [7] а також безпосереднього виробництва тепла [8]



Рис. 2.1. Газогенераторна система конструкції Поліського національного університету [13]

В процесі роботи газогенератора повітря через фурмений пояс підводиться в зону горіння розташовану в середній частині газогенератора. Зона горіння розташована над відновлювальним шаром палива. В області згоряння окислювач взаємодіє з вуглецем деревини, утворюючи CO_2 . Із зони горіння гази надходять у зону відновлення, де при температурі $900-1100^\circ\text{C}$, протікає процес відновлення частини CO_2 в CO . В результаті отримуємо повітряний генераторний газ, який в основному складається із CO та N_2 [3, 4]. Хоча такий газ і має низьку теплоту згоряння, проте процес його отримання характеризується високою стабільністю [4, 8].

Значна увага приділяється теоретичному вивченню впливу структурних [9] або промислових [10] параметрів газифікаторів на якість одержуваного газу. Вивчено вплив компонентів або підсистем газифікатора на якість одержуваного газу [11]. Ряд досліджень обґрунтовує якісний склад генераторного газу на основі деревної біомаси та біомаси сільськогосподарського походження та вугілля залежно від відсотка вмісту в паливі [12, 13]. Існують дослідження, які обґрунтовують вплив наступних параметрів на якісний склад генераторного газу: робочу температуру в зонах окислення та відновлення [14], вологість біомаси [12] та режим подачі повітря (окислення) [15, 16].

Проведення експериментальних досліджень для виявлення механізмів газоутворення є складним через складність взаємодій, різноманітність та швидкоплинність відповідних процесів [17, 18]. З іншого боку, математичні моделі газоутворення, представлені в наукових дослідженнях, мають невизначені граничні умови. Для адекватного використання математичних моделей необхідні різноманітні гіпотези, щоб наслідувати практичну поведінку процесів утворення генераторного газу. Тому важливо отримати експериментальні дані у

фактичному діапазоні параметрів роботи газифікатора для моделювання характеристик. Аналіз наукових досліджень також демонструє, що висота зони відновлення відіграє важливу роль у формуванні генераторного газу [9, 19], оскільки у зоні відновлення вуглекислий газ (CO_2) реагує з вуглецем, утворюючи окис вуглецю чи чадний газ (CO). У деяких наукових дослідженнях оцінюється раціональна висота зони відновлення з метою дотримання раціонального температурного режиму реакції відновлення [14]. Оптимальна висота зони відновлення також залежить від режиму подачі окислювача (повітря) до активної зони газифікатора та від величини частки палива. Однак на практиці не проводиться багатофакторних досліджень впливу висоти зони відновлення на якість генераторного газу, залежно від розміру паливної частинки та введення повітря в газифікатор.

Висновок. Аналіз наукових досліджень свідчить, що для кожної нової конструкції газогенератора необхідні багатофакторні дослідження. Зокрема для газогенератора із суміщеними зонами горіння та відновлення [20] необхідні дослідження впливу висоти робочої області на якість деревного газу в залежності від розмірів частинок палива та подачі повітря в газогенератор.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

З метою дослідження процесу отримання горючого газу із соломи та деревини було використано розроблену експериментальну установку (рис. 2.1). До складу дослідного обладнання входили, безпосередньо – газогенератора, також входив нагнітач повітря та змішувач повітря. Крім того використовувались вимірювачі швидкості повітря, перетворювачі частоти струму, очищувач газу у вигляді циклона, охолодник, фільтр тонкого очищення горючого газу, безпосередньо – прилад для аналізу стану отриманого газу

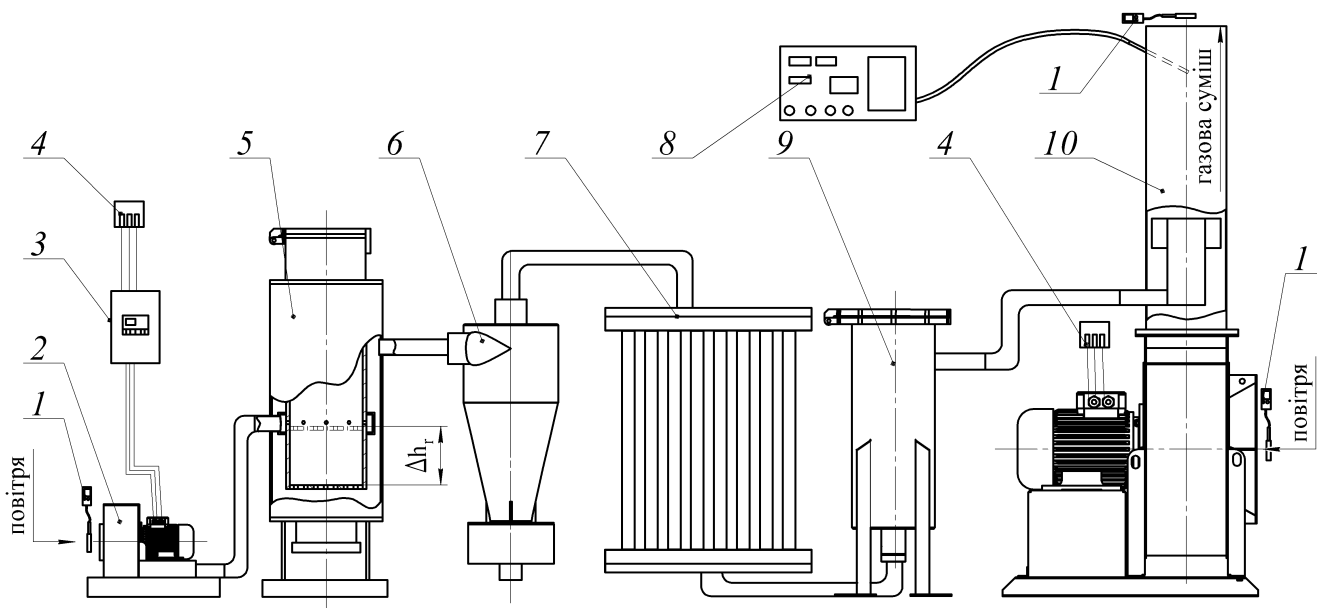


Рис. 2.1. Дослідне обладнання: 1 – вимірювач швидкості потоку повітря, 2 – нагнітач повітря, 3 – перетворювач частоти струму, 4 – електророзетка, 5 – генератор горючого газу, 6 – циклон для очищення газу, 7 – охолодник газу, 8 – прилад контролю параметрів отриманого горючого газу, 9 – фільтр для очищення газу, 10 – змішувач повітря

Установка, що представлена на рис. 1 призначення для дослідження впливу розміру часточок палива, кількості повітря, що нагнітається в газогенератор та висотри робочої зони газогенератора на якісний склад отриманого горючого газу.

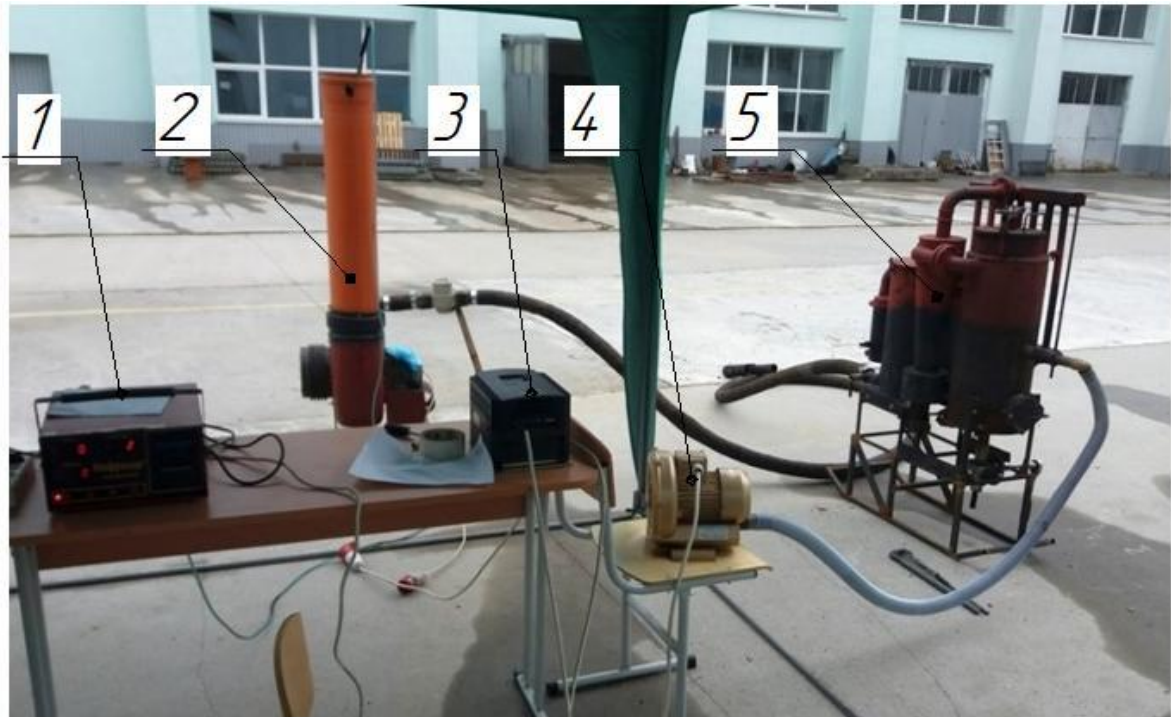


Рис. 2.2. Зовнішній вигляд дослідної установки

1 – прилад контролю параметрів отриманого горючого газу, 2 – змішувач повітря, 3 – перетворювач частоти струму, 4 – нагнітач повітря, 5 – генератор горючого газу

Розмір часточок палива становив 2 мм (січка та тирса), 5 мм (гранули), 10 мм, 40 мм та 70 мм (бруски, брикети), як наведено в таблиці 2.1.

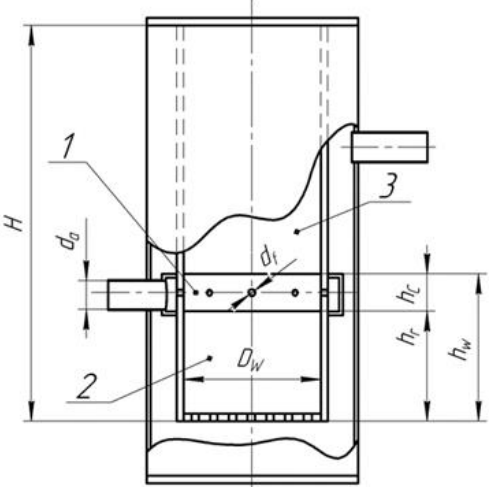
Для регулювання нагнітання повітря в газогенератор використовувався нагнітач повітря. Регулювання подачі повітря нагнітачем проводилося за рахунок зміни частоти обертів його привідного двигуна. Частота обертів двигуна змінювалася за внаслідок зміни частоти струму перетворювачем частоти струму.

Подача повітря змінювалася від 1 л/с до 15 л/с

Таблиця 2.1. Відповідність лінійних розмірів фракцій палива

Вид палива		Лінійний розмір, мм
Солома	Деревина	
січка	тирса	2
гранули	гранули	5
брикети	бруски	10
брикети	бруски	40
брикети	бруски	70

Таблиця 2.2. Висота робочої зони генераторна горючого газу

	Висота робочої зони, мм	Діаметр робочої зони, мм	Відношення діаметру до висоту, мм
	50	200	4,0
	75	200	2,7
	100	200	2,0
	125	200	1,6
	150	200	1,3

h_w – висота робочої зони, м; $h_c(1)$ – зона окислення м; $h_r(2)$ – зона відновлення, м; D_w – діаметр робочої камери газогенератора, м; H – висота робочої камери газогенератора, м; d_f – діаметр отворів фурм для нагнітання повітря в робочу зону, м; d_a – діаметр трубки для нагинання повітря в фурмовий пояс, м

Величина нагнітання повітря та вихід газу контролювалися спеціальними пристроями: анемометрами та роторними лічильниками.

Зміна висоти робочої камери газогенератора здійснювалася за допомогою спеціального пристрою (рис. 2.3), що забезпечував вертикальний рух колосника і таким чином встановлювалася необхідна висота робочої камери. Висота робочої камери змінювалася від 5 до 155 мм. Діаметр робочої камери газогенератора становив 200 мм [21].

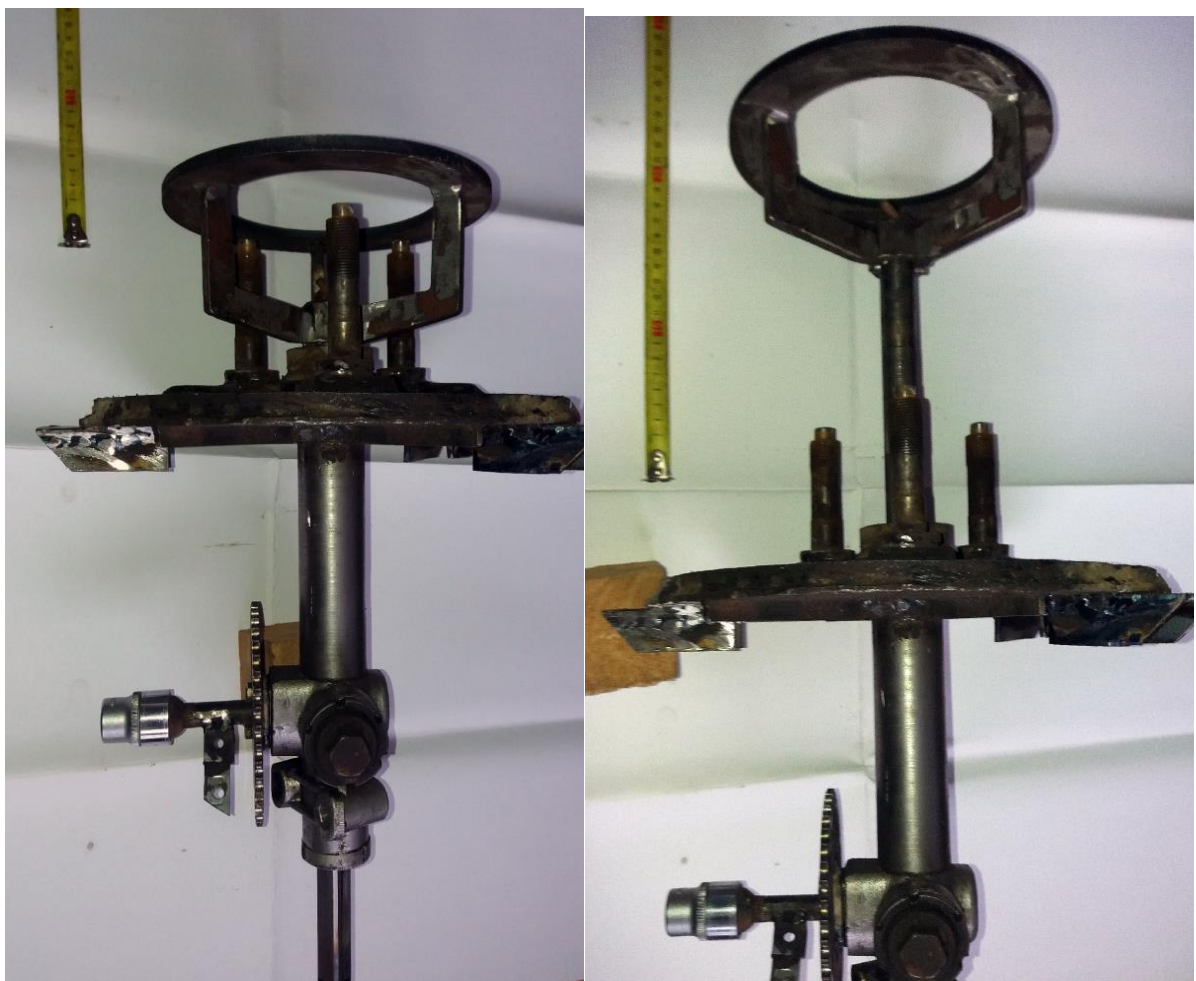


Рис. 2.3. Пристрій для руху колосника газогенератора вздовж його осі [19]

Вміст горючих компонентів в генераторному газі, зокрема чадного газу, визначали за допомогою спеціального пристрою - газоаналізатора. Максимальний вміст чадного газу в генераторному газі може складати до 30...49%, а газоаналізатор Інфракар має межу показів до 10%, то для розрахункового підвищення вмісту горючих компонентів в газі було використано змішувач генераторного газу та повітря [19].

Експериментальні дослідження проводили способом пошуку оптимального шляху використовуючи метод Бокса-Бенкіна. Необхідно зауважити що метод передбачає спеціальний план досліджень, який дозволяє отримати адекватні результати досліджень, при цьому оптимізуючи загальну кількість повторів в експериментальних дослідженнях. Адекватність проведених досліджень оцінювалася за отриманими результатами, використовуючи однорідність дисперсії даних за показником Кохрена і значимість коефіцієнтів отриманих рівнянь, використовуючи показник Стюдента. Загальна адекватність проведених експериментальних досліджень була оцінена за показником Фшера [21].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Першим етапом дослідження було визначення впливу розмірів та виду палива на вміст чадного газу (CO) в горючому газі. Результати досліджень наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Результати дослідження впливу розмірів та виду палива на вміст чадного газу

Вид палива		Лінійний розмір, мм	Вміст CO, %	
Солома	Деревина		солома	деревина
січка	тирса	2	14	12
гранули	гранули	5	30	27
брикети	бруски	10	24	23
брикети	бруски	40	19	18
брикети	бруски	70	18	17
Висота робочої зони 100 мм. Подача повітря 10 л/с				

Аналіз отриманих результатів дозволив побудувати графіки (рис.3.1) та отримати відповідні рівняння.

Для процесу газифікації соломи ми отримали наступне рівняння (із рівнем довірчої імовірності $R^2 = 0.7802$):

$$CO = -0.0033L^2 + 0.1158L + 25.58 \quad (3.1)$$

де CO – об’ємний вміст чадного газу в отриманому газі, %;

L – середня довжина сторони частинки палива, м

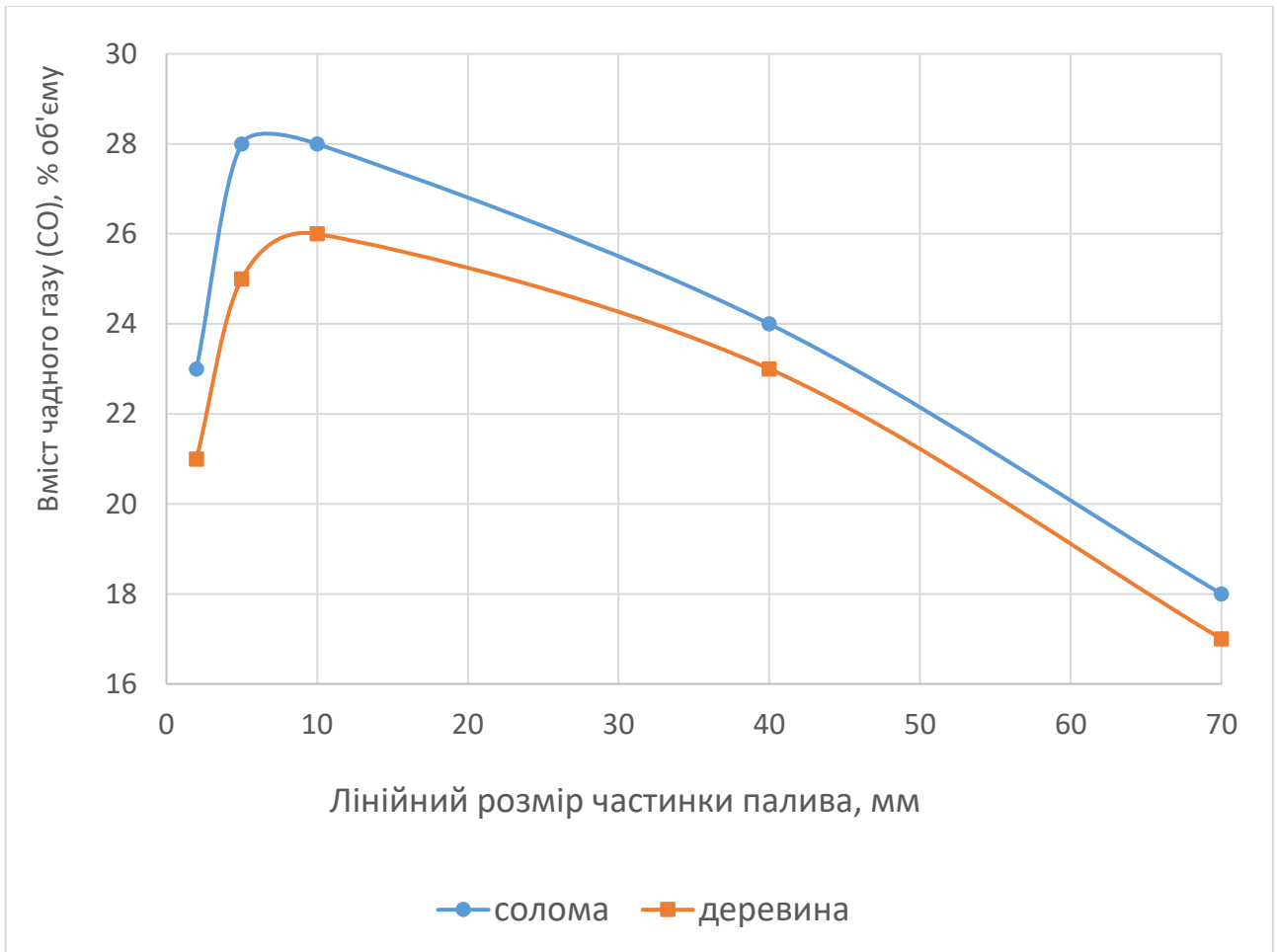


Рис. 3.1. Впливу розмірів та виду палива на вміст чадного газу в отриманому газі

Для процесу газифікації деревини ми отримали подібне рівняння (із рівнем довірчої імовірності $R^2 = 0.7937$)

$$CO = -0.0038L^2 + 0.1751L + 22.95 \quad (3.2)$$

де CO – об'ємний вміст чадного газу в отриманому газі, %;

L – середня довжина сторони частинки палива, мм

На основі аналізу проведених досліджень можна зробити висновок, щодо того, що максимальний вміст горючої компоненти в генераторному газі досягається при використанні палива із середньою лінійною довжиною частинок 7...10 мм, що відповідає використанню паливних гранул. Причому для соломи вміст горючої компоненти більший на 5% ніж для деревини.

Проте використання соломи технічно ускладнене через виникнення на колосниковій решітці твердих утворень, які затрудняють процес отримання горючого газу (рис .3.2).

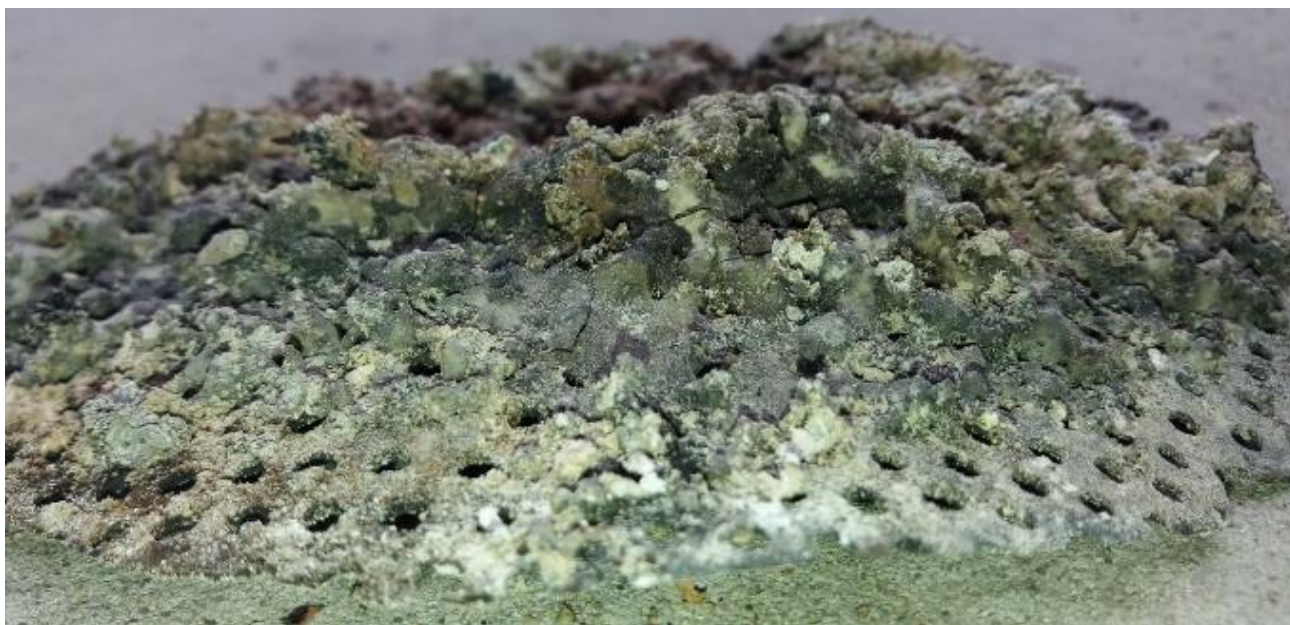


Рис. 3.2. Тверді відкладення на колосниковій решітці газогенератора

Тому в подальших дослідженнях ми використовували деревину, а для використання соломи необхідна модернізація газогенератора.

Другим етапом дослідження було визначення впливу висоти робочої зони газогенератора на вміст чадного газу (CO) в горючому газі. Результати досліджень наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Результати дослідження впливу висоти робочої зони на вміст чадного газу

Висота робочої зони, мм	Діаметр робочої зони, мм	Відношення діаметру до висоти, мм
50	200	4,0
75	200	2,7
100	200	2,0
125	200	1,6
150	200	1,3

Аналіз отриманих результатів дозволив побудувати графіки (рис.3.3) та отримати відповідні рівняння.

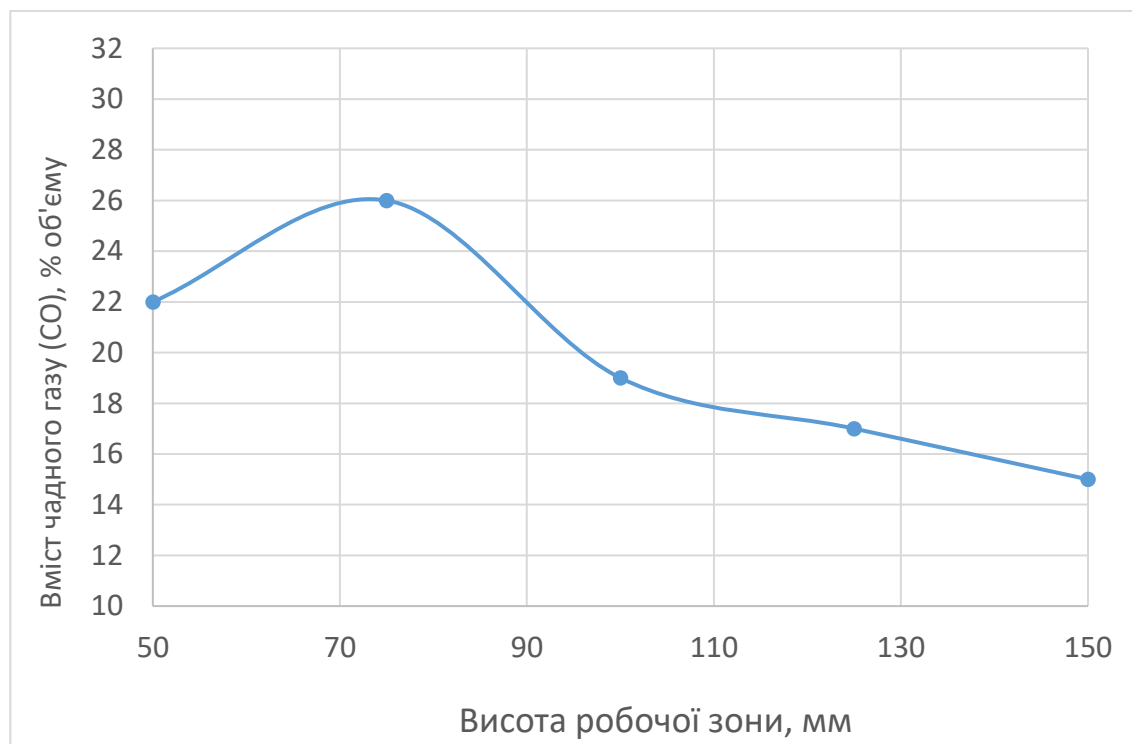


Рис. 3.3. Вплив висоти робочої області на вміст чадного газу в отриманому газі

Для процесу газифікації деревини ми отримали наступне рівняння (із рівнем довірчої імовірності $R^2 = 0.9158$):

$$CO = 6 \cdot 10^{-5} h_w^3 - 0.0184 h_w^2 + 1.7033 h_w - 24.2 \quad (3.3)$$

де CO – об’ємний вміст чадного газу в отриманому газі, %;

h_w – висота робочої області газогенератора, мм

Необхідно відмітити, що адекватність рівняння зберігається в діапазоні висот 50...130 мм.

Найбільший вміст горючої компоненти в генераторному газі забезпечується при висоті робочої зони газогенератора 65...70 мм, що відповідає відношенню 1 до 3 відносно діаметра робочої зони.

Третім етапом дослідження було визначення впливу подачі повітря на вміст чадного газу (CO) в горючому газі. Результати досліджень наведено на рис. 3.4.

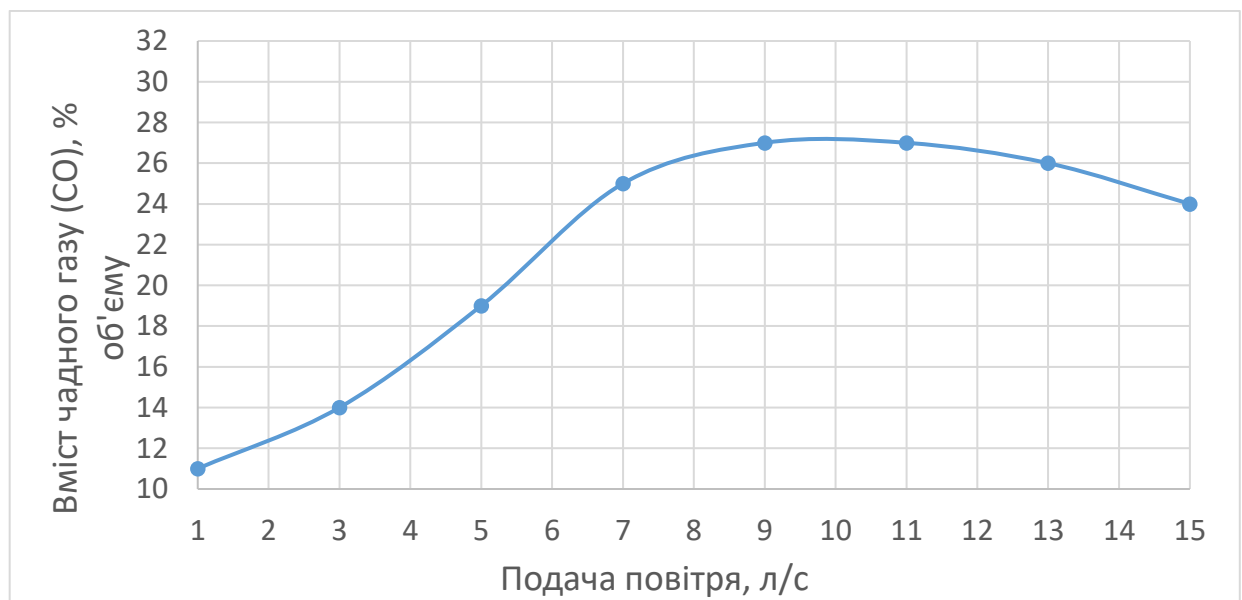


Рис. 3.4. Вплив подачі повітря на вміст чадного газу в отриманому газі

Для процесу газифікації деревини ми ще одне рівняння (із рівнем довірчої імовірності $R^2 = 0.9655$):

$$CO = -0.1682Q^2 + 3.744Q + 5.9658 \quad (3.4)$$

де CO – об’ємний вміст чадного газу в отриманому газі, %;

Q – подача повітря до робочої області газогенератора, л/с

Найвище значення вмісту горючої компоненти досягається при подачі повітря в робочу область газогенератора на рівні 9...11 л/с.

Висновок до розділу. В процесі експериментальних досліджень встановлено, що найбільший вміст чадного газу (горючої компоненти) 28...30% досягається при таких параметрах: середній розмір частинок палива – 7...10 мм, висота робочої зони газогенератора – 65...70 мм, подача повітря в робочу область газогенератора 9...11 л/с.

ВИСНОВОК

1. Аналіз наукових досліджень свідчить, що для кожної нової конструкції газогенератора необхідні багатофакторні дослідження. Зокрема для газогенератора із суміщеними зонами горіння та відновлення необхідні дослідження впливу висоти робочої області на якість деревного газу в залежності від розмірів частинок палива та подачі повітря в газогенератор.

2. На основі аналізу проведених досліджень можна зробити висновок, щодо того, що максимальний вміст горючої компоненти в генераторному газі досягається при використанні палива із середньою лінійною довжиною частинок 7...10 мм, що відповідає використанню паливних гранул. Причому для соломи вміст горючої компоненти більший на 5% ніж для деревини. Проте використання соломи технічно ускладнене через виникнення на колосниковій решітці твердих утворень, які затрудняють процес отримання горючого газу. Для використання соломи необхідна модернізація газогенератора.

3. Найбільший вміст горючої компоненти в генераторному газі забезпечується при висоті робочої зони газогенератора 65...70 мм, що відповідає відношенню 1 до 3 відносно діаметра робочої зони.

4. Найвище значення вмісту горючої компоненти досягається при подачі повітря в робочу область газогенератора на рівні 9...11 л/с.

5. В процесі експериментальних досліджень встановлено, що найбільший вміст чадного газу (горючої компоненти) 28...30% досягається при таких параметрах: середній розмір частинок палива – 7...10 мм, висота робочої зони газогенератора – 65...70 мм, подача повітря в робочу область газогенератора 9...11 л/с.

Список використаних джерел

3. Кухарець С.М. Підвищення енергетичної автономності агроєкосистем. Механіко-технологічні основи: монографія. Житомир: ЖНАЕУ, 2016. 192 с.
4. 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. pp 93–100.
5. Ярош Я.Д., Голуб Г.А., Цивенкова Н.М., Кухарець С.М., Медведський О.В., Чуба В.В. Виробництво і використання генераторного газу з сільськогосподарської рослинної сировини: монографія. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. 224 с.
6. Tsyvenkova N. M., Golubenko A. A., Kukharets S. M., Biletsky, V. R. The research of downdraft gas producer heat productivity on straw. *Proceedings of International symposium “ISB-INMA TEH Agricultural and Mechanical Engineering”*, October 27-29, Bucharest, Romania, pp 83-91, 2016
7. Golub G., Kukharets S., Česna J., Skydan O., Yarosh Y., Kukharets M. Research on changes in biomass during gasification. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. Vol. 61, No. 2. P. 17–24. <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-02>.
8. The results of study into the effect of airsteam blast on the lowgrade fuel gasification process / Kukharets S., Tsyvenkova N., Yarosh Ya., Grabar I., Holubenko A. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 6/8 (96). P. 86–96.
9. Обґрунтування каналу електропостачання на основі газогенераторної установки / Соколовський О. Ф., Ярош Я. Д., Цивенкова Н. М., Кухарець С. М. *Відновлювана енергетика*. 2019. № 1 (56). С. 72–82.
10. Кухарець С. М., Кухарець В. В., Ярош Я. Д. Ефективність виробництва біогазу в контексті розвитку аграрних підприємств. *Інтелектуальна економіка:*

глобальні тенденції та національні перспективи : матеріали II міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 26 трав. 2016 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2016. С. 116–124.

11. Maneerung T., Li X., Li C., Dai Y., Wang, C.-H. Integrated downdraft gasification with power generation system and gasification bottom ash reutilization for clean waste-to-energy and resource recovery system. *Journal of Cleaner Production*. 2018.

12. Kukharets S., Golub G., Skydan O., Yarosh Y., Kukharets M. Justification of air flow speed in the oxidation area of a gasifier in case of straw pellets using. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. Vol. 60, No. 1. P. 37–44.

13. Zolotovs'ka O., Kharytonov M., Onyshchenko O. Agricultural residues gasification, dependency of main operational parameters of the process on feedstock characteristics. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 50, Issue 3. P. 119–126.

14. Ярош Я. Д., Кухарець В. В., Палійчук В. К. Особливості переробки соломи на тверде біопаливо в умовах сільськогосподарського виробника. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. № 2 (45), т. 4, ч. II. С. 305–312.

15. Пат. 121173 Україна, МПК (2006), B01J 7/00, F23C 7/00 Газогенератор / Голуб Г.А., Скидан О.В., Кухарець С.М, Ярош Я.Д., Голуб В.А., Чуба В.В., Сабадаш О.С.; заявник та патентовласник Голуб Г.А. – № а201901587; заявл. 18.02.2019; опубл. 10.04.2020; Бюл. № 7

16. Особливості використання малогабаритних газогенераторних модулів / Кухарець С. М., Ярош Я. Д., Білецький В. Р., Голуб Г. А. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2016. Вип. 20 (34). С. 457–464.

17. Ярош Я.Д. Використання відновлюваної енергетики в сушінні сільськогосподарської продукції. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. Вип. 27. С. 233–239.

18. Ciolkosz D., Kukharets S., Tripathi J. Torrefied Biomass in a Ukrainian Biofuel Production System. Біоенергетичні системи: матеріали IV Міжн. наук.-практ. конф., 29 трав. 2020 р. Житомир : Вид.-во ПНУ, 2020. С. 9–13.
19. Yarosh Y., Golub G., Kukharets S., Chuba V. Experimental study of wood gas-operated power plant operation. Engineering for rural development. 2019. Vol. 18. P. 1337-1343. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N071.
20. Дослідження двостадійного процесу газифікації соломи / Цивенкова Н. М., Ярош Я. Д., Голубенко А. А., Терещук М. Б. Вісник Харків. національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні науки. 2018. Вип. 196. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 15–17.
21. Ярош Я.Д., Кухарець М.М, Ліщук А.В. Методика виконання досліджень параметрів газогенераторів. Біоенергетичні системи: матеріали IV Міжн. наук.-практ. конф., 29 трав. 2020 р. Житомир : Вид.-во ПНУ, 2020. С. 139–140.
22. Ліщук А.В. Аналіз проблем, що виникають в процесі газифікації біомаси. Наукові читання–2020: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, 5-6 березня 2020 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 125–127.