

ТЕРМІЧНА ПЕРЕРОБКА ДЕРЕВИНИ МЕТОДОМ СУЦІЛЬНОГО ШАРУ В ГАЗОПОДІБНЕ ПАЛИВО

В статті наведені результати дослідження впливу вхідних факторів на нижчу теплоту згорання синтез-газу в процесі газифікації деревини. Визначено оптимальні параметри газогенераторної установки, які дозволяють в процесі газифікації отримувати висококалорійний синтез-газ

Ключові слова: газифікація деревини, газогенератор з суцільним шаром

В статье приведены результаты исследования влияния входных факторов на нижшую теплоту сгорания синтез-газа в процессе газификации древесины. Определены рациональные параметры газогенераторной установки, которые позволяют в процессе газификации получать высококалорийный синтез-газ

Ключевые слова: газификация древесины, газогенератор со сплошным слоем

This article presents the results of research of the influence of input factors on a lower heat of combustion of synthesis gas in the process of gasification of wood. The optimal parameters of the gas-producing setting, which allow in the process of gasification to get high-calorific synthesis gas, are defined

Keywords: gasification of wood, gazogene with continuous layer

С.С. Лис

Асистент

Кафедра автоматизації виробничих процесів,
електротехніки і теплотехніки

Національний лісотехнічний університет України
вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, Україна,
79057

Контактний тел.: 097-700-82-95

E-mail: lysss@mail.ua

Й.С. Мисак

Доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри

Кафедра теплотехніки і теплових
електричних станцій

Національний університет "Львівська політехніка"
вул. С.Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

Контактний тел.: (032) 258-25-15, 096-436-80-63

E-mail: kravetst@ukr.net

1. Постановка проблеми

Одним з найпотужніших альтернативних відновлюваних джерел енергії є біомаса, зокрема деревне паливо. Суттєвою перевагою деревного палива є його екологічна чистота: деревина не містить сірки, хлору та інших шкідливих для атмосфери елементів. Під час згорання деревина виділяє таку саму кількість CO_2 , яку спожила в процесі зростання, а отже вона є CO_2 нейтральним паливом [2].

На сьогодні відомо чимало способів перероблення деревини та відходів з неї в енергію, але одним з найперспективніших є газифікація, тому що синтез-газ, який утворюється в процесі газифікації деревини можна використовувати як паливо котлів комунальних котельень, або зріджувати, перетворюючи його в рідке паливо, після охолодження і очистки як паливо для газотурбінних установок та двигуна внутрішнього згорання з отриманням механічної або електричної енергії при використанні когенераційної установки. Сьогодні в світі має місце тенденція децентралізації енергетики, тобто використання когенераційних установок для вироблення тепла та електроенергії [5]. Тому газифікація деревини з метою вироблення синтез-газу є перспективною.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як відомо, досвід використання газогенераторів нараховує близько 150 років, та незважаючи на це існує багато як технічних так і технологічних проблем (стабільність та ефективність роботи газогенераторів, специфічні особливості різних видів палива, тощо) [2- 4, 6]. Тому основним завданням експериментальних досліджень є визначення закономірностей впливу вхідних факторів роботи газогенератора на якість синтез-газу та визначення раціональних параметрів його роботи.

3. Мета статті

Завдання полягало у знаходженні залежності нижчої теплоти згорання синтез-газу від розмірів частинок деревини, яка подається в газогенератор; кількості повітря та кількості палива від загального об'єму реактора під час газифікації досліджуваних порід деревини; розмірів частинок суміші деревини, кількості повітря.

4. Виклад основного матеріалу

Для проведення експериментальних досліджень та розробки технологічного процесу термічного перероблення деревної маси в газоподібне паливо (синтез-газ) розроблено газогенератор з суцільним шаром [3], на який отримано патент [1], і який суттєво відрізняється від відомих конструкцій газогенераторів.

Для проведення експериментальних досліджень використовувалися такі матеріали: верба (*Salix alba L.*); сосна (*Pinus sylvestris*); береза (*Betula pendula Roth.*).

Змінні вхідні x_i фактори експериментальних досліджень процесу газифікації деревини:

- розміри частинок деревини l : 10, 20, 30, 40, 50 мм;
- кількість повітря, яка подається в газогенератор G : 40, 65, 90 $\text{nm}^3/\text{год.}$;
- кількість деревини в газогенераторі від загального об'єму q : 50, 75, 100 %;

Вихідний параметр y :

- нижча теплота згорання синтез-газу Q , $\text{МДж}/\text{м}^3$.

З метою встановлення характеру впливу змінних факторів на нижчу теплоту згорання синтез-газу застосовано трирівневий В-план (B_3). Рівні та інтервали змінювання факторів наведено в табл. 1.

Рівні та інтервали змінювання факторів

Назва фактора	Позначення фактора		Рівні змінювання фактора			Інтервал змінювання фактора
	натуральне	нормалізоване	(-1)	(0)	(+1)	
Розміри частинок деревини, мм	l	x_1	10	30	50	20
Кількість повітря, $\text{nm}^3/\text{год.}$	G	x_2	40	65	90	25
Кількість палива в реакторі газогенератора, %	q	x_3	50	75	100	25

Встановлено, що найбільше значення нижча теплота згорання синтез-газу досягає під час газифікації деревини з розміром частинок 30 мм (рис.1), кількості повітря 65 $\text{nm}^3/\text{год.}$, яке подається в камеру газифікації та кількості палива 75 % від загального об'єму реактора деревини (рис.2,а).

Збільшення кількості повітря, яке подавалося в камеру газифікації до 90 $\text{nm}^3/\text{год}$ дає максимальну температуру на колоснику $t = 1235^\circ\text{C}$, при кількості палива 75%, від загального об'єму реактора (рис.2,б). При цьому нижча теплота згорання синтез-газу падає за рахунок того, що частина палива згорає, а синтез-газ на виході з газогенератора має більшу температуру. Тому, регулювання подачі кількості повітря дуже важливий фактор, адже процес газифікації палива протікає за умови, коли коефіцієнт надлишку повітря $\alpha < 1$, а процес горіння – $\alpha > 1$.

Аналогічні результати отримано для деревини породи верба і береза. Графіки залежностей мають такий самий вигляд, як і для деревини породи сосни, при незначній зміні теплоти згорання синтез-газу.

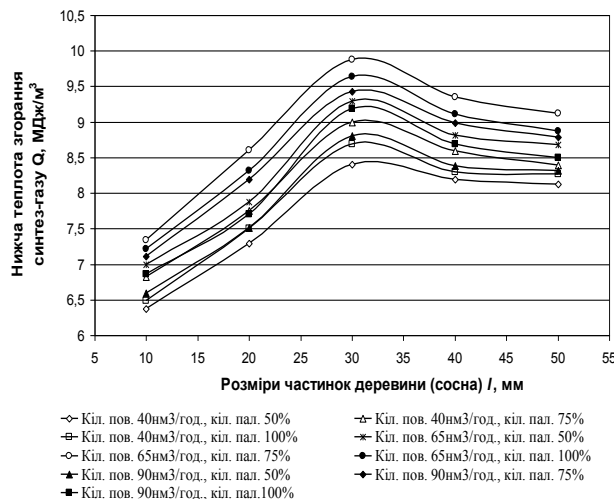


Рис. 1. Залежність теплоти згорання синтез-газу від розмірів частинок подрібненої соснової деревини

У результаті реалізації В-плану отримано математичний опис об'єкта у вигляді поліному другого порядку для досліджуваних порід деревини, а саме:

Таблиця 1

• сосна (*Pinus sylvestris*):

$$Q_{\text{сосна}} = -1,5562 + 0,2726 \cdot l + 0,11256 \cdot G + 0,06772 \cdot q - 0,00375 \cdot l^2 - 0,000832 \cdot G^2 - 0,000432 \cdot q^2 - 0,00004 \cdot l \cdot G - 0,00002 \cdot l \cdot q + 0,000032 \cdot G \cdot q; \quad (1)$$

• береза (*Betula pendula Roth.*):

$$Q_{\text{береза}} = -1,1256 + 0,2721 \cdot l + 0,10928 \cdot G + 0,06428 \cdot q - 0,00375 \cdot l^2 - 0,000816 \cdot G^2 - 0,000416 \cdot q^2 - 0,00004 \cdot l \cdot G - 0,00002 \cdot l \cdot q + 0,000048 \cdot G \cdot q; \quad (2)$$

• верба (*Salix alba L.*):

$$Q_{\text{верба}} = -1,279 + 0,2712 \cdot l + 0,1116 \cdot G + 0,05796 \cdot q - 0,00375 \cdot l^2 - 0,0008 \cdot G^2 - 0,000368 \cdot q^2 - 0,00008 \cdot l \cdot G + 0,00002 \cdot l \cdot q + 0,000016 \cdot G \cdot q. \quad (3)$$

Виконавши раціоналізацію процесу перероблення деревини в газоподібне паливо для досліджуваних порід деревини, отримали значення вхідних параметрів при яких нижча теплота згорання (Q) досягає максимуму:

- сосна: $l=36\text{мм}$, $G=68,4\text{nm}^3/\text{год}$, $q=80\%$, $Q=9,9\text{МДж}/\text{м}^3$;
- береза: $l=36\text{мм}$, $G=68,5\text{nm}^3/\text{год}$, $q=80\%$, $Q=10\text{МДж}/\text{м}^3$;
- верба: $l=36\text{мм}$, $G=68,6\text{nm}^3/\text{год}$, $q=81\%$, $Q=9,7\text{МДж}/\text{м}^3$.

Потрібно відзначити, що процес газифікації деревини протікає практично однаково для досліджуваних порід деревини. Вплив породи деревини на теплоту згорання синтез-газу під час газифікації є незначним і коливається в межах 0,6 $\text{МДж}/\text{м}^3$ (рис.3). Отже, немає доцільності газифікувати деревину певної породи окремо.

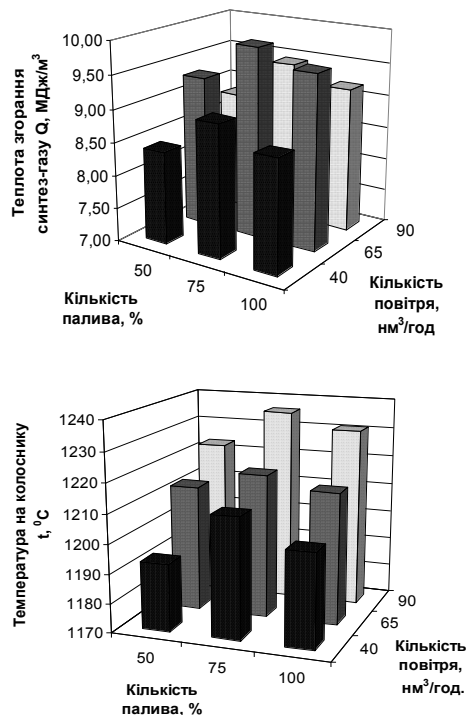


Рис. 2. Гістограма залежності теплоти згорання синтез-газу (а) та температури на колоснику (б) від кількості повітря та кількості палива під час газифікації соснової деревини з розміром частинок 30 мм

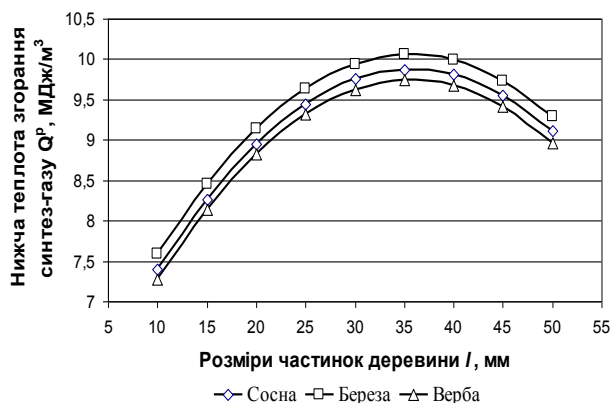


Рис. 3. Залежність теплоти згорання синтез-газу, визначеної за рівнянням регресії, від розмірів частинок деревини із заданими значеннями кількості повітря: ($G=69\text{ м}^3/\text{год}$) та кількості деревини в реакторі газогенератора ($q=80\%$) для досліджуваних порід деревини

Висновки

В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень отримано такі висновки:

- визначено вплив розмірів частинок подрібненої деревини, кількості повітря та кількості палива, що подається в камеру газифікації, на теплоту згорання синтез-газу, для досліджуваних порід деревини. У результаті реалізації В₃-плану отримано математичний опис об'єкту у вигляді поліному другого порядку для кожної з порід деревини. Виконавши раціоналізацію отриманих результатів для досліджуваних порід деревини, отримано значення вхідних параметрів за яких теплота згорання досягає максимуму $Q_{\text{сосна}}=9,9\text{ МДж/м}^3$, $Q_{\text{береза}}=10\text{ МДж/м}^3$, $Q_{\text{верба}}=9,7\text{ МДж/м}^3$. Середнє значення раціональних вхідних параметрів: $l=36\text{ мм}$, $G=69\text{ м}^3/\text{год}$, $q=80\%$.
- експериментально доведено, що процес газифікації деревини протікає практично однаково для досліджуваних порід деревини. Вплив породи деревини на нижчу теплоту згорання синтез-газу незначний. Отже, немає доцільності газифікувати деревину певної породи окремо від інших порід.

Література

- Патент України №38952, МКП С10J 3/00. Газогенератор. / Лис С.С., Бадера Й.С., Гнатишин Я.М.; Власник: НЛТУ України; Заявл. 08.09.2008.; Опубл. 26.01.2009, Бюл. №2.
- Лис С.С. Огляд технології газифікації деревини. / С.С. Лис // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2009. - Вип. 19.12. – С. 101-105.
- Мисак Й.С. Паливні пристрої для спалювання низькосортних палив / Й.С. Мисак, Я.М. Гнатишин, Я.Ф. Івасик – Львів : Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2002. – С. 136.
- Грачев А.Н. Дрова – пиролиз – газ / А.Н. Грачев // Оборуд. и инструмент для профессионалов. Деревообработка, 2006. – № 6. – С. 80 – 81.
- Гелетуха Г.Г. Обзор технологий генерирования электроэнергии, полученной из биомассы при ее газификации / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная – “Экотехнологии и ресурсосбережение”, №3, 1998, – С. 3-11.
- Железная Т.А. Обзор современных технологий газификации биомассы / Т.А. Железная, Г.Г. Гелетуха – “Промышленная теплотехника”, №2, 2006. – С. 61-74.