

ТЕРМІЧНЕ ПЕРЕРОБЛЕННЯ НИЗЬКОСОРТНИХ ПАЛИВ У ГАЗОПОДІБНЕ ПАЛИВО ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

Одним з найпотужніших альтернативних відновлюваних джерел енергії є біомаса, зокрема деревне паливо. Істотною перевагою деревного палива є 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 у процесі зростання, а отже, вона є CO_2 нейтральним паливом. Наведено результати дослідження впливу вхідних факторів на нижчу теплоту згорання синтез-газу в процесі газифікації деревини. Визначено оптимальні параметри газогенераторної установки, які дають змогу в процесі газифікації отримувати висококалорійний синтез-газ, це розміри деревини, кількість повітря, яка подається в камеру газифікації, кількість палива, від загального об'єму камери газифікації.

Ключові слова: газифікація деревини; газогенератор із суцільним шаром; синтез-газ.

Вступ. 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 у процесі газифікації деревини, можна використовувати як паливо котлів комунальних котельень або зріджувати, перетворюючи його в рідке паливо, після охолодження і очищення як паливо для газотурбінних установок та двигуна внутрішнього згорання з отриманням механічної або електричної енергії при використанні когенераційної установки (Lys, 2009). Сьогодні у світі наявна тенденція до децентралізації енергетики, тобто використання когенераційних установок для вироблення тепла та електроенергії (Geletuha & Zheleznaia, 1998). Тому газифікація деревини з метою вироблення синтез-газу є перспективною.

Останні дослідження і публікації. 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) (Mysak, Hnatyshyn & Ivasyuk, 2002; Grachev, 2006; Zheleznaia & Geletuha, 2006). Тому основним завданням експериментального дослідження є визначення закономірностей впливу вхідних факторів роботи газогенератора на якість синтез-газу та визначення раціональних параметрів його роботи.

Мета дослідження. 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.

Результати дослідження. Для проведення експериментального дослідження та розроблення технологічного процесу термічного перероблення деревної маси в газоподібне паливо (синтез-газ) розроблено газогенератор із суцільним шаром (Mysak, Hnatyshyn & Ivasyuk, 2002), на який отримано патент (Lys, Vadera & Hnatyshyn, 2009), і який істотно відрізняється від відомих конструкцій газогенераторів.

Для проведення експериментального дослідження використовували такі матеріали: верба (*Salix alba* L.);

сосна (*Pinus sylvestris*); береза (*Betula pendula* Roth.).

Змінні вхідні x_i фактори експериментального дослідження 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 , МДж/м³.

З метою встановлення характеру впливу змінних факторів на нижчу теплоту згорання синтез-газу застосовано тривірневий В-план (V_3). 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).

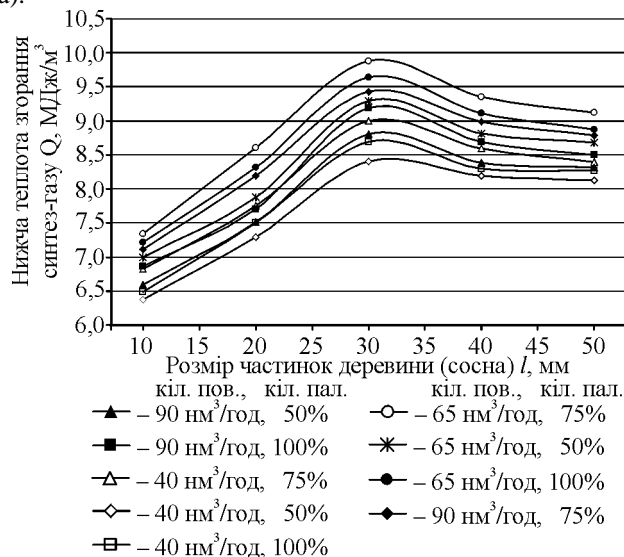


Рис. 1. Залежність теплоти згорання синтез-газу від розмірів частинок подрібненої соснової деревини

Збільшення кількості повітря, яке подавалося в камеру газифікації до 90 $\text{nm}^3/\text{год}$, дає максимальну температуру на колоснику $t=1235$ °С, за кількості палива

Цитування за ДСТУ: Лис С. С. Термічне перероблення низькосортних палив у газоподібне паливо для використання в теплоенергетичних установках / С. С. Лис // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27(3). – С. 145–147

Citation APA: Lys, S. S. (2017). Thermal Recycling of Low Grade Fuel to Gaseous Fuel for Use in Heat Power Installations. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(3), 145–147. Retrieved from: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/256>

75 %, від загального об'єму реактора (див. 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 – $\alpha > 1$.

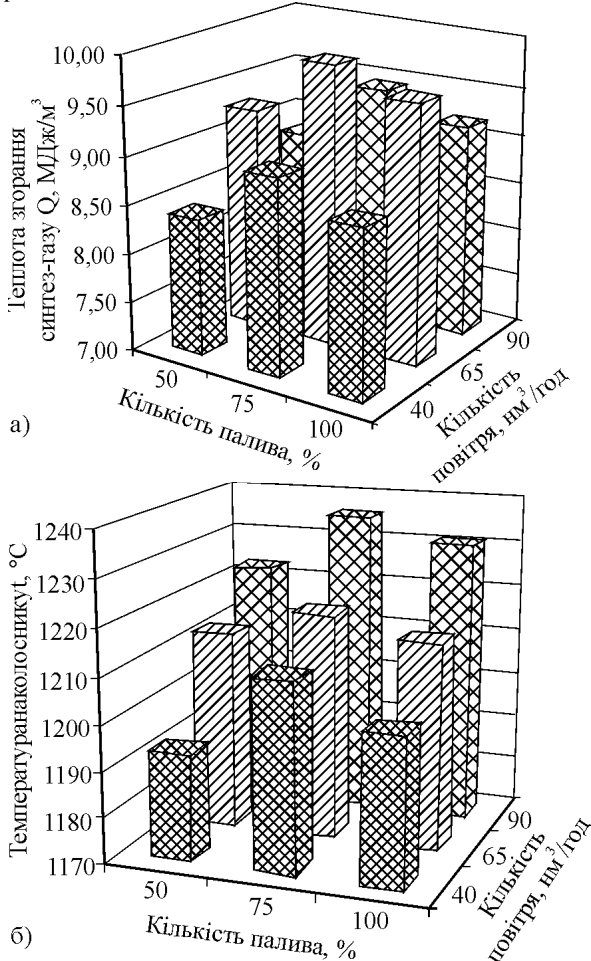


Рис. 2. Гістограма залежності теплоти згорання синтез-газу (а) та температури на колоснику (б) від кількості повітря та кількості палива під час газифікації соснової деревини з розміром частинок 30 мм

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

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

- сосна (*Pinus sylvestris*):

$$Q_{\text{сосна}} = -1,5562 + 0,2726 \cdot l + 0,11256 \cdot G + 0,06772 \cdot q - 0,00375 \cdot l^2 - 0,000832 \cdot G^2 - 0,000432 \cdot q^2 - 0,000004 \cdot l \cdot G - 0,00002 \cdot l \cdot q + 0,000032 \cdot G \cdot q; \quad (1)$$

- 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.):

$$Q_{\text{верба}} = -1,279 + 0,2712 \cdot l + 0,1116 \cdot G + 0,05796 \cdot q - 0,00375 \cdot l^2 - 0,0008 \cdot G^2 - 0,000368 \cdot q^2 - 0,000008 \cdot l \cdot G + 0,00002 \cdot l \cdot q + 0,000016 \cdot G \cdot q. \quad (3)$$

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

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

Потрібно зазначити, 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 змінюється в межах $0,6$ $\text{МДж}/\text{м}^3$ (рис. 3). Отже, немає доцільності газифікувати деревину певної породи окремо.

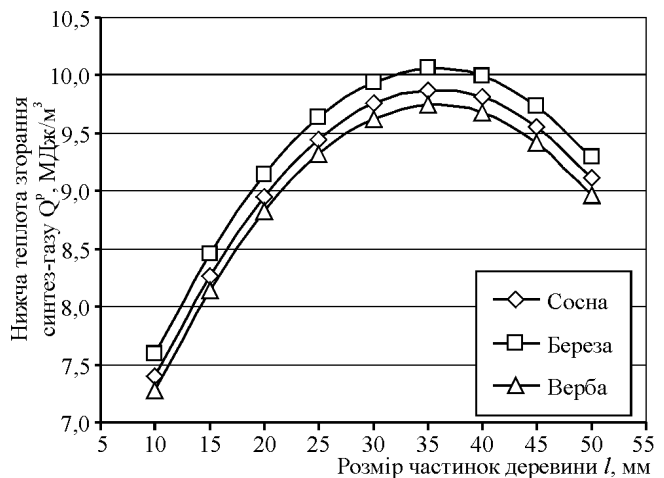


Рис. 3. Залежність теплоти згорання синтез-газу, визначеної за рівнянням регресії, від розмірів частинок деревини із заданими значеннями кількості повітря ($G = 69$ $\text{нм}^3/\text{год}$) та кількості деревини в реакторі газогенератора ($q = 80\%$) для досліджуваних порід деревини

Висновки. Внаслідок проведених теоретичних та експериментального дослідження отримано такі висновки:

Визначено вплив розмірів частинок подрібненої деревини (l), кількості повітря (G) та кількості палива (q), що подається в камеру газифікації, на теплоту згорання синтез-газу (Q), для досліджуваних порід деревини. Внаслідок реалізації В₃-плану отримано математичний опис об'єкта у вигляді полінома 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 $Q_{\text{сосна}} = 9,9$ $\text{МДж}/\text{м}^3$, $Q_{\text{береза}} = 10$ $\text{МДж}/\text{м}^3$, $Q_{\text{верба}} = 9,7$ $\text{МДж}/\text{м}^3$. Середнє значення раціональних вхідних параметрів: $l = 36$ мм, $G = 69$ $\text{нм}^3/\text{год}$, $q = 80\%$.

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.

Перелік використаних джерел

Geletuha, G. G., & Zheleznaia, T. A. (1998). Obzor tehnologij generirovaniia jelektrojenerгии, poluchennoy iz biomassy pri ee gazifikatsii. *Jekotehnologii i resursoberezenie*, 3, 3–11. [in Russian].
 Grachev, A. N. (2006). Drova – piroliz – gaz. *Oborudovanie i instrument dlja professionalov. Derevoobrabotka*, 6, 80–81. [in Russian].
 Lys, S. S. (2009). Ohliad tekhnologii hazyfikatsii derevyny. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy: zb. nauk.-tekh. prats*, 19(12), 101–105. Lviv: RVV NLTU Ukrainy. [in Ukrainian].

Lys, S. S., Badera, Yo. S., & Hnatyshyn, Ya. M. (2009). Patent Ukrainy №38952, MKP C10J 3/00. Hazohenerator. Vlasnyk: NLTU Ukrainy; Zaiavl. 08.09.2008.; Opubl. 26.01.2009, Biul. № 2. [in Ukrainian].
 Mysak, Yo. S., Hnatyshyn, Ya. M., & Ivasyk, Ya. F. (2002). *Palyvni prystroi dlia spaliuvannia nyzkosortnykh palyv*. Lviv: Vyd-vo NU "Lvivska politekhnik", 136 p. [in Ukrainian].
 Zheleznaia, T. A., & Geletuha, G. G. (2006). Obzor sovremennykh tehnologij gazifikatsii biomassy. *Promyshlennaja teplotehnika*, 2, 61–74. [in Russian].

С. С. Лыс

ТЕРМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА НИЗКОСОРТНЫХ ТОПЛИВ В ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Одним из самых мощных альтернативных возобновляемых источников энергии является биомасса, в частности древесное топливо. Существенным преимуществом древесного топлива является экологическая чистота: древесина не содержит серы, хлора и других вредных для атмосферы элементов. Во время сгорания древесина выделяет такое же количество CO₂, которое употребила в процессе роста, а следовательно, она является CO₂ нейтральным топливом. Приведены результаты исследования влияния входных факторов на низшую теплоту сгорания синтез-газа в процессе газификации древесины. Определены рациональные параметры газогенераторной установки, которые позволяют в процессе газификации получать высококалорийный синтез-газ, это размеры древесины, количество воздуха, которое подается в камеру газификации, количество топлива, от общего объема камеры газификации.

Ключевые слова: газификация древесины; газогенератор со сплошным слоем; синтез-газ.

S. S. Lys

THERMAL RECYCLING OF LOW GRADE FUEL TO GASEOUS FUEL FOR USE IN HEAT POWER INSTALLATIONS

There are many ways of recycling wood and its waste into energy. But gasification is the most perspective as synthesis gas can be used as fuel for boilers; for liquefaction; as fuel (after cooling and cleaning) for an internal combustion engine to obtain mechanical or electric energy. Therefore, the technology of thermal recycling of wood fuel is gaseous urgent problem and its solution will create clean energy, which is an alternative to natural gas and coal gasification. For the experimental research and development process of gasification of wood in gaseous fuel gasifier is designed with a continuous layer. For the experimental research, the authors used the following materials: willow (*Salix alba* L.); pine (*Pinus sylvestris*); birch (*Betula pendula* Roth.). The objective is to find the dependence net calorific value of synthesis gas from the amount of air, humidity and particle size of chopped wood, which is fed into the gasifier. Thus the authors have made the following conclusions. The influence of particle size of chopped wood (*l*), the amount of air (*G*) and the amount of fuel (*q*), supplied to the gasification chamber, the heat of combustion of syngas (*Q*), for the investigated wood. As a result of B₃-plan the mathematical description of the object in a second order polynomial for each of the wood is provided. After completing the rationalization of the results for the studied wood, received important input parameters for the calorific value of which reaches a maximum $Q_{pine} = 9.9 \text{ MJ/m}^3$, $Q_{birch} = 10 \text{ MJ/m}^3$, $Q_{willow} = 9.7 \text{ MJ/m}^3$. Average rational input parameters: $l = 36 \text{ mm}$, $G = 69 \text{ Nm}^3/\text{h}$, $q = 80 \%$. We have experimentally proved that the wood gasification process takes almost the same for the studied wood. Influence of wood on NCV synthesis gas is negligible. Consequently, there gasify wood feasibility of a species apart from other species.

Keywords: wood gasification; gasifier with a continuous layer; synthesis gas.

Інформація про автора:

Лис Степан Степанович, канд. техн. наук, ст. викладач, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна.
 Email: lysss@ukr.net