

УДК 674.8:662.765.1

В статті наведені результати дослідження впливу вологості деревини на процес термічної переробки деревини у суцільному шарі в газоподібне паливо. Отримано рівняння регресії, яке може бути основою для проведення досліджуваного процесу та раціонального керування ним

Ключові слова: газифікація деревини, синтез-газ, вологість деревини

В статье приведены результаты исследования влияния влажности древесины на процесс термической переработки древесины в сплошном слое в газообразное топливо. Получено уравнение регрессии, которое может быть основой для проведения исследуемого процесса и рационального управления им

Ключевые слова: газификация древесины, синтез-газ, влажность древесины

This paper presents the results of research of the influence humidity of wood on the process thermal recycling of wood in a continuous layer to the gaseous fuel. We obtain the regression equation, which can be the basis for the process under investigation and rational control

Keywords: gasification of wood, synthesis-gas, humidity of wood

ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ДЕРЕВИНИ НА ПРОЦЕС ГАЗИФІКАЦІЇ ДЕРЕВИНИ У СУЦІЛЬНОМУ ШАРІ

С.С. Лис

Асистент

Кафедра автоматизації виробничих процесів,
електротехніки і теплотехніки
Національний лісотехнічний університет України
вул. Ген. 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

Постановка проблеми

Склад і теплотворна здатність синтез-газу, отриманого в результаті газифікації твердого палива, можуть змінюватися в залежності від різних факторів. Основними факторами, які впливають на процес газифікації деревини, є її вологість, розміри частинок, кількість повітря, поданого в камеру газифікації і ряду інших факторів, залежних від палива, яке газифікується і параметрів газифікатора. Вихід та склад продуктів газифікації залежать не лише від властивостей вхідної сировини, але і від режиму процесу, а також конструкції газогенератора.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Під час газифікації більш вологої деревини вихід рідких продуктів значно зменшується, а кількість газу, навпаки, зростає. Газифікація деревини з підвищенням вологості приводить до зниження якості газу. Так наприклад, при проведенні досліджень на промисловому газогенераторі [4] під час газифікації ялинкової деревини при зміні її вологості у межах 29-43 % теплота згорання синтез-газу зменшилась з 6,45 МДж/нм³ до

5,36 МДж/нм³. Погіршення якості газу пояснюється різким збільшенням вмісту в ньому СО₂ (до 12-14 %) та зменшенням вмісту СО (до 16-18 %) внаслідок значного зниження температури у зоні власне газифікації. Під час газифікації сухої ялинкової тріски (W = 20 %) вихід смоли до ваги абсолютно сухої деревини склав 24,7 %, а із сирої тріски (W = 52 %) – 14 %. Вихід газу із сирої тріски 1,8 нм³/кг, а із сухої – 1,5 нм³/кг [2-4]. Оптимальна відносна вологість тріски, яка газифікується, буде складати близько 25 %. Вища теплота згорання газу із підвищенням вологості вихідної тріски знижується з 5,78 МДж/нм³ до 4,7 МДж/нм³. Доцільною є газифікація тріски із високою вологістю. Проведені дослідження деяких авторів доводять можливість газифікації тріски з відносною вологістю до 60 % [2, 4].

Мета

Дослідження впливу вологості деревини та розмірів частинок подрібненої деревини, яка подається в газогенератор, а також кількості повітря на нижчу теплоту згорання синтез-газу під час газифікації суміші деревини різних порід.

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, на який отримано патент [1].

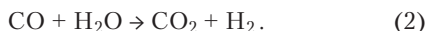
Для проведення експериментальних досліджень використовувалися такі матеріали: суміш деревини різних порід (верба (*Salix alba L.*) – 1/3 маси суміші, сосна (*Pinussylvestris*) – 1/3; береза (*Betula pendula Roth.*) – 1/3).

Завдання полягало у знаходженні залежності нижчої теплоти згорання синтез-газу від розмірів частинок суміші деревини; кількості повітря та відносної вологості деревини під час газифікації суміші деревини різних порід.

Змінні вхідні x_i фактори експериментальних досліджень процесу газифікації деревини:

- розміри частинок деревини l : 10, 30, 50 мм;
 - кількість повітря, яка подається в газогенератор G : 40, 65, 90 $\text{нм}^3/\text{год}$;
 - відносна вологість суміші деревини W : 10, 30, 50 %;
- Вихідний параметр y :
- нижча теплота згорання синтез-газу Q , $\text{МДж}/\text{м}^3$.

Встановлено, що в розробленій експериментальній газогенераторній установці можна газифікувати деревину з відносною вологістю більше $W = 50\%$ з високим значенням теплоти згорання синтез-газу (рис. 1). Це пояснюється тим, що газ, які утворилися під час газифікації, повторно проходять через шар розжареного палива в зоні відновлення. Якщо в зоні відновлення є водяна пара, то з високою температурою протікає реакція її конверсії, тобто



Таблиця 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, $\text{нм}^3/\text{год}$	G	x_2	40	65	90	25
Вологість деревини, %	W	x_3	10	30	50	20

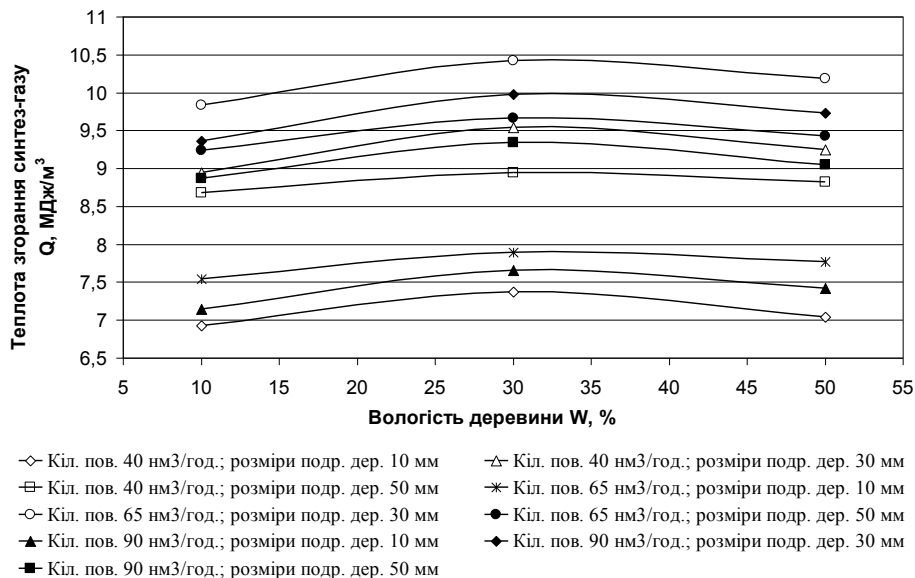


Рис. 1. Залежність теплоти згорання синтез-газу від вологості суміші деревини різних порід

У даному випадку утворюється другий горючий складник газу – водень. Таким чином, за рахунок значного вмісту водню в синтез-газі нижча теплота згорання залишається досить високою. Якщо вологість деревини буде надто високою, то якість синтез-газу знизиться за рахунок зниження температури в камері газифікації, що приведе до зниження не тільки кількості H_2 в синтез-газі, але й збільшенні CO_2 , тому що при низьких температурах не буде протікати гетерогенна реакція відновлення двоокису вуглецю, тобто



А це, в свою чергу, приведе до зниження кількості в синтез-газі, ще одного горючого газу CO .

У результаті реалізації В-плану отримано математичний опис об'єкта у вигляді поліному другого порядку, який має вигляд:

$$Q_{\text{сум.дер.}} = 0.8998 + 0.27185 \cdot l + 0.11416 \cdot G + 0.04415 \cdot W - 0.00375 \cdot l^2 - 0.000832 \cdot G^2 - 0.000675 \cdot W^2 - 0.00004 \cdot l \cdot G - 0.000025 \cdot l \cdot W + 0.00004 \cdot G \cdot W \quad (4)$$

Виконано раціоналізацію процесу з метою визначення величин факторів, що забезпечують максимальне значення теплоти згорання $Q = 10,4 \text{ МДж}/\text{м}^3$ – розміри частинок деревини $l = 36 \text{ мм}$, кількість повітря $G = 68 \text{ нм}^3/\text{год}$, відносна вологість суміші деревини $W = 34\%$.

Експериментальний газифікатор дозволяє газифікувати деревину, як з низькою (менше $W = 10\%$), так і високою відносною вологістю (більше $W = 50\%$), при тому, що для промислових газогенераторів з суцільним шаром вплив вологості на процес газифікації і якість синтез-газу є значний.

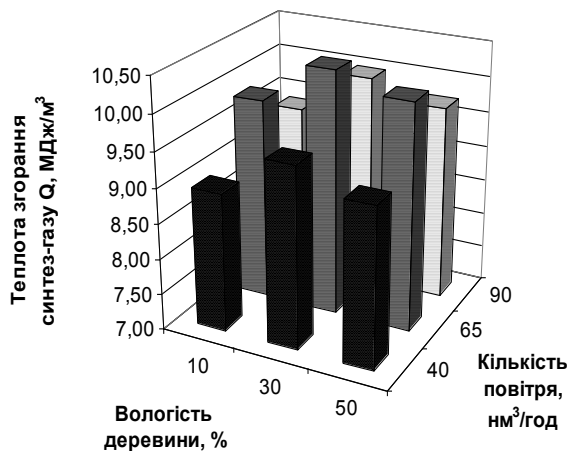


Рис. 2. Гістограма залежності теплоти згорання синтез-газу від кількості повітря та вологості суміші деревини при газифікації суміші деревини різних порід з розміром частинок 30 мм

Висновки

Встановлено вплив вологості суміші деревини в процесі її газифікації на нижчу теплоту згорання синтез-газу. Отримано рівняння регресії, яке може бути основою для проведення досліджуваного процесу та раціонального керування ним.

Виконано раціоналізацію отриманих результатів з метою визначення величин факторів, що забезпечують максимальне значення теплоти згорання $Q = 10,4$ МДж/м³. Це є раціональні розміри частинок деревини $l = 36$ мм, кількість повітря $G = 68$ м³/год, відносна вологість деревини $W_g = 34$ %. Під час газифікації суміші деревини з вологістю $W_g = 10$ % і раціональних значеннях кількості повітря та розмірів подрібненої деревини теплота згорання синтез-газу $Q = 10,04$ МДж/м³, при $W_g = 30$ % – $Q = 10,41$ МДж/м³, при $W_g = 50$ % – $Q = 10,25$ МДж/м³.

Експериментальний газифікатор дозволяє газифікувати деревину, як з низькою, так і високою вологістю більше $W_g = 50$ %.

Література

1. 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.
2. Лямин В. А. Газификация мелкой щепы различной влажности / В. А. Лямин – Журн. “Гидролизная и лесохимическая промышленность”, № 8, 1962.
3. Шишко Ю.В. Энергозберігаюча технологія отримання паливного газу з біомаси та його спалювання в пічних агрегатах: Автореф. дис. канд. техн. наук / Ю.В. Шишко // Нац. металург. акад. України. – Д., 2004. – С. 17.
4. Чалов Н. В. Влияние влажности и высоты слоя щепы в газогенераторе на выход смолы и уксусной кислоты / Н. В. Чалов – Журн. “Деревообрабатывающая и лесохимическая промышленность”, 1953. – № 12 – С. 25-34.

УДК 629.7.036.5

ГЕНЕРАТОРНИЙ НАДДУВ БАКА С РГ-1 РАКЕТИ-НОСИТЕЛЯ

Проведено дослідження високо-температурної генераторної системи наддування бака ракети-носія з РГ-1. Запропоновано оптимальні режими роботи
Ключові слова: генераторна система наддування, бак з РГ-1

Проведены исследования высокотемпературной генераторной системы наддува бака ракеты-носителя с РГ-1. Предложены оптимальные режимы
Ключевые слова: генераторная система наддува, бак с РГ-1

The study of high-generator pressurization system booster tank with RP-1 was done. Optimum operating conditions are given
Keywords: generator pressurization system, tank with RP-1

Ю. А. Митков
 Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
 Кафедра двигателестроения
 Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара
 пр. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, Украина, 49010
 Контактный тел.: 067-565-00-05
 E-mail: mitikov@yandex.ru

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами

В настоящее время наибольшее распространение в качестве топлива двигательных установок (ДУ) ра-

кет-носителей (РН), особенно их первых ступеней, во всем мире находят жидкий кислород и углеводородное горючее типа керосин (Т-1, метан, синтин, РГ-1, в дальнейшем – РГ-1). В качестве примера достаточно привести следующие РН – «Зенит» (Украина); много-