

ТЕПЛОТВОРНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

ГАНЖЕНКО О.М. – канд. тех. наук,
 ГУМЕНТИК М.Я. – канд. с.-г. наук

(Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН)

Виробництво і використання твердого біопалива набуло в Україні найбільшого застосування у порівнянні з рідкими та газоподібними видами біопалив. Більшість виготовленого в Україні твердого біопалива експортується до європейських країн у вигляді гранул, брикетів або тріски [1]. Постійне зростання ціни на природний газ та запровадження державних програм, спрямованих на скорочення обсягу споживання газу та розвиток відновлювальної енергетики, сприяє швидкому становленню вітчизняного ринку біопалива [2, 3, 4]. Тому дослідження теплотворних властивостей твердого біопалива є актуальними.

Основними «горючими» компонентами твердого біопалива рослинного походження, що визначають його теплотворну здатність, є целюлоза, геміцелюлоза та лігнін. Вміст «горючих» елементів у сухій біомасі може коливатись від 85 % (солома та інші рослинні залишки і відходи) до 99 % (деревина, стебла міскантусу) (рис. 1).

Целюлоза – природний полімер, полісахарид із видовженою ланцюговою молекулою ($C_6H_{10}O_5$)_n. Целюлоза являє собою дуже стійку речовину білого кольору, яка не розчиняється у воді та інших органічних розчинниках, не розпадається під час нагрівання до +200°C, але є горючою речовиною, яка спалахує за температури +275°C. Теплотворна здатність целюлози становить 18,8 МДж/кг. Частка целюлози у сухій речовині деревної біомаси становить 40...45 %. Тонкі волокна целюлози (мікрофібрили) слугують каркасом для стінок рослинних клітин. Між мікрофібрилами знаходиться геміцелюлоза, лігнін, а також вода.

Геміцелюлоза відноситься до вищих молекулярних сполук і займає проміжне положення між крохмалем і целюлозою, але, на відміну від останньої, є більш розчинною. У рослинах геміцелюлоза виконує функцію опорного конструкційного матеріалу і запасу поживних речовин. Частка геміцелюлози у структурі сухої речовини деревної біомаси становить до 40 %.

Лігнін – це органічна речовина, яка, поряд із целюлозою, є складовою час-

тиною задерев'янілих тканин вищих рослин та разом з геміцелюлозою зумовлює міцність їх стовбурів і стебел. Вміст лігніну у біомасі дерев та стебел міскантусу становить 18...24%. Лігнін багатий вуглецем і воднем, тому має високу теплотворну здатність (до 25 МДж/кг) і є основним компонентом у процесі гранулювання біомаси. Близько 40% теплотворної здатності твердого біопалива зумовлено лігніном.

Окрім вищезгаданих компонентів, до складу твердого біопалива входить також зола та вода, вміст яких негативно впливає на теплотворну здатність.

Зола – негорючий пилоподібний або шлакоподібний залишок, що утворюється з мінеральної частини біомаси під час повного її згорання. Частка зольних елементів у структурі сухої речовини біомаси верби 2-3 року вегетації та стебел міскантусу становить 1...2 % [5]. Згідно стандартів ЄС частка золи у твердому біопаливі (пелетах) преміум класу не повинна перевищувати 1 %, а для промислових пелет – до 4 %. Високий вміст золи та низька температура її плавлення може негативно впливати на надійність роботи котлів.

Найбільший негативний вплив на теплотворну здатність твердого біопалива має його *вологість*. Вода збільшує об'єм газів горіння, погіршує займання біомаси, сповільнює процес горіння, а також поглинає багато теплової енергії. Щоб нагріти і випарувати 1 кг води необхідно витратити 2,6 МДж енергії. Тому для підвищення тепловіддачі слід застосовувати тверде біопаливо з низькою вологістю. Стандартами ЄС допускається використання паливних гранул вологістю до 10%. Для зменшення затрат на висушування сировини рослинну біомасу слід збирати за мінімальної її вологості (кінець осені – початок весни).

Розрахунок теплотворної здатності твердого біопалива

Теплотворною здатністю біопалива називається кількість тепла, що виділяється під час згорання 1 кг біомаси. Залежно від конструктивних особливостей котла та режимів його роботи розрізняють вищу та нижчу теплоту згорання.

Вища теплота згорання – це кількість тепла, яка виділяється під час повного згорання 1 кг біомаси, конденсація усієї утвореної водяної пари та охолодження усіх продуктів згорання до початкової температури біопалива (рис. 2). Вища теплота згорання біомаси визначається за формулою:

$$E_B = \left(\frac{100 - W - Z}{100} \right) \cdot E_0 \quad (1)$$

де E_B – вища питома теплотворна здатність біомаси, МДж/кг;

W – вологість біомаси, %;

Z – зольність біомаси, %;

E_0 – питома теплотворна здатність абсолютно сухої біомаси, МДж/кг;

За літературними даними та на основі власних досліджень відомо, що теплотворна здатність абсолютно сухої беззольної біомаси рослинного походження коливається не в значних межах

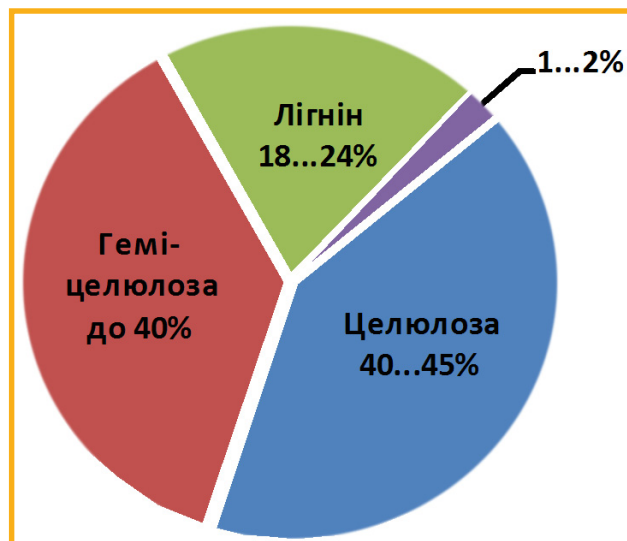


Рис. 1. Структурний склад сухої біомаси енергетичної верби

і становить близько $E_0=18,5$ МДж/кг.

Підставивши значення E_0 у формулу (1) отримуємо:

$$E_B = 18,5 - 0,185 \cdot W - 0,185 \cdot Z \quad (2)$$

Нижча теплота згорання – це кількість тепла, що виділилося під час згорання 1 кг біомаси, без обліку тепла, витраченого на нагрівання та випаровування вологи. Нижча теплота згорання визначається за формулою:

$$E_H = \left(\frac{100 - W - Z}{100} \right) \cdot E_0 - \frac{W}{100} \cdot (Q_1 + Q_2) \quad (3)$$

де E_H – нижча питома теплотворна здатність біомаси, МДж/кг;

Q_1 – питома теплоємність нагрівання води, МДж/кг;

Q_2 – питома теплоємність пароутворення, МДж/кг;

Питома теплоємність нагрівання води до кипіння визначається за формулою:

$$Q_1 = C \cdot (100 - t_0),$$

де C – питома теплоємність води ($C=0,004183$ МДж/кг·°С), t_0 – початкова температура води, °С. Прийнявши $t_0=15^\circ\text{C}$ отримуємо

$$Q_1 = 0,004183(100 - 15) = 0,356 \text{ МДж/кг.}$$

Отже, для нагрівання 1 кг води від 15 до 100°С потрібно затратити 0,356 МДж енергії. Питома теплоємність пароутворення для води становить $Q_2=2,236$ МДж/кг.

З урахуванням вищенаведеного, формула для визначення нижчої теплотворної здатності біомаси матиме вигляд:

$$E_H = \left(\frac{100 - W - Z}{100} \right) \cdot 18,5 - \frac{W}{100} \cdot (0,356 + 2,236)$$

або

$$E_H = 18,5 - 0,2109 \cdot W - 0,185 \cdot Z \quad (4)$$

На рис. 3 зображено графіки залежності вищої та нижчої теплоти згорання від вмісту золи та вологості біопалива.

Таким чином, наявність вологи у твердому біопаливі суттєво погіршує його теплотворні властивості. Зі збільшенням вологості біомаси з 10% до 20% теплотворна здатність зменшується від 16,5 до 14,6 МДж/га (на 11%).

Зі збільшенням вологості біомаси різниця між вищою та нижчою теплою згорання зростає (рис.4). Так, за вологості біомаси 10% та зольності 1%, вища та нижча теплота згорання становлять, відповідно, 16,5 та 16,2 МДж/кг (зменшується на 2%), а за вологості 50%, відповідно – 9,1 та 7,8 МДж/кг (зменшується на 14%). Тому вологу біомасу потрібно спалювати на теплогенеруючих установках, які дозволяють

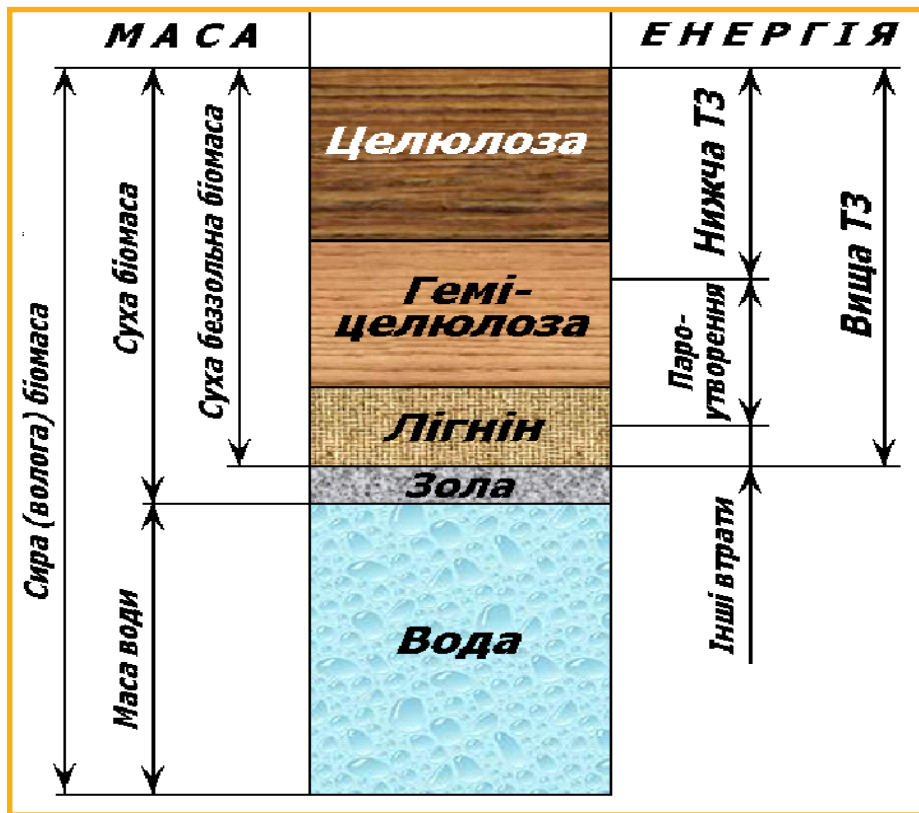


Рис. 2 Структурний склад твердого біопалива та його теплотворна здатність.

отримати вищу теплоту згорання, за вологості біомаси 50% це дозволяє заощадити 14 % тепла.

Отже, біомаса рослинного походження за рахунок високого вмісту горючих елементів (целюлози, геміцелюлози та лігніну) та низької концентрації зольних елементів є високоенергетичною сировиною для виробництва твердого біопалива. Наявність вологи у біомасі збільшує об'єм газів горіння, погіршує займання біомаси, а головне – суттєво зменшує її теплотворну

здатність. Зменшення теплотворної здатності вологої біомаси відбувається як за рахунок зниження концентрації горючих елементів, так і через поглинання теплової енергії на нагрівання та випаровування наявної вологи. Конденсація утвореної в камері згорання водяної пари дозволяє дещо підвищити кількість теплової енергії, тому вологу біомасу (за вологості понад 30%) доцільно спалювати у котлах на режимах, які дозволяють отримати вищу теплоту згорання.

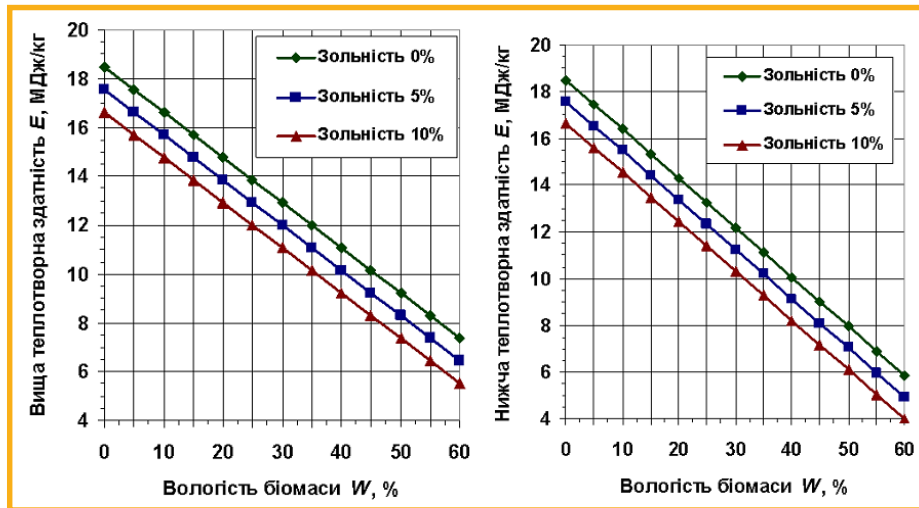


Рис. 3. Залежність теплотворної здатності твердого біопалива від зольності та вологості: а) – вища ТЗ; б) – нижча ТЗ.

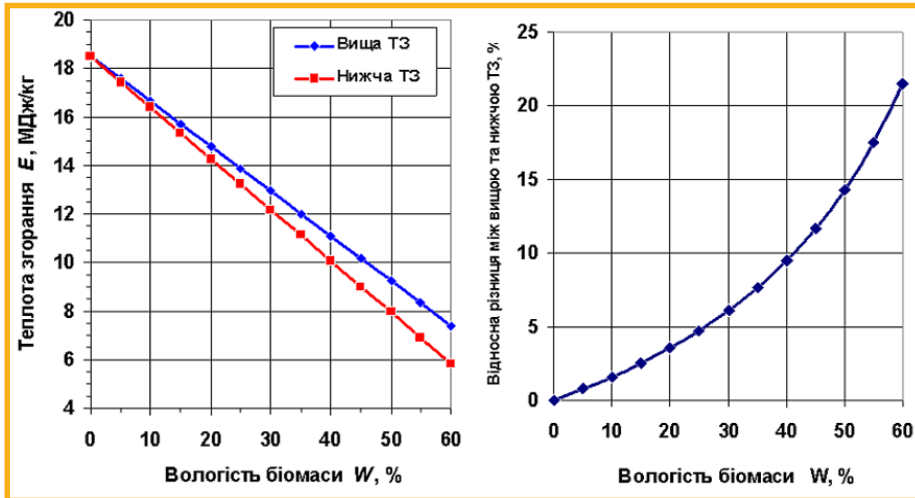


Рис. 4. Залежність вищої та нижчої теплоти згорання від вологості біомаси.

Список використаної літератури:

1. Роїк М.В. Концепція виробництва і використання твердих видів біопалива в Україні / М.В. Роїк, О.М. Ганженко, В.Л. Тимошук // Біоенергетика. – 2015. – №1. – С. 5-8.
2. Про стимулювання заміщення природного газу у сфері тепlopостачання / Постанова КМУ № 293 від 09.07.2014 р. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/293-2014-%D0%BF>
3. Про стимулювання заміщення природного газу під час виробництва теплової енергії для установ та організацій, що фінансуються з державного і місцевих бюджетів / Постанова КМУ № 453 від 10.09.2014 р. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/453-2014-%D0%BF>
4. Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року / Розпорядження КМУ №902-р від 01.10.2014 р. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80/page>
5. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / Під редакцією В.М. Сінченка. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – 340 с.

Анотація

Досліджено теплотворну здатність основних компонентів твердого біопалива рослинного походження, які визначають його - целюлози, геміцелюлози і лігніну. Встановлено: біомаса рослинного походження за рахунок високого вмісту горючих елементів (целюлози, геміцелюлози, лігніну) та низької концентрації зольних елементів є високоенергетичною сировиною для виробництва твердого біопалива. Наявність вологи у біомасі збільшує об'єм газів горіння, погіршує займання біомаси, а головне – суттєво зменшує її теплотворну здатність. Зменшення теплотворної здатності вологості біомаси відбувається як за рахунок зниження концентрації горючих елементів, так і через поглинання теплової енергії на нагрівання та випаровування наявної вологи. Конденсація утвореної в камері згорання водяної пари дозволяє дещо підвищити кількість теплової енергії, тому вологу біомасу (за вологості понад 30%) доцільно спалювати у котлах на режимах, які дозволяють отримати вищу теплоту згорання.

Анотація

Исследована теплотворная способность основных компонентов твердого биотоплива растительного происхождения, которые определяют его - целлюлозы, геміцелюлозы и лигнина. Установлено: биомасса растительного происхождения за счет высокого содержания горючих элементов (целлюлозы, геміцелюлозы и лигнина) и низкой концентрации зольных элементов является высокоэнергетическим сырьем для производства твердого биотоплива. Наличие влаги в биомассе увеличивает объем газов горения, ухудшает воспламенение биомассы, а главное - существенно уменьшает ее теплотворную способность. Уменьшение теплотворной способности влажной биомассы происходит как за счет снижения концентрации горючих элементов, так и из-за поглощения тепловой энергии на нагрев и испарение имеющейся влаги. Конденсация образованного в камере сгорания водяного пара позволяет несколько повысить количество тепловой энергии, поэтому влажную биомассу (при влажности более 30%) целесообразно сжигать в котлах на режимах, которые позволяют получить высшую теплоту сгорания.

Abstract

Calorific value of the main components of solid biofuels of plant origin, namely cellulose, hemicellulose and lignin is investigated. It is found out that biomass of plant origin is high-energetic raw material for the production of solid biofuels due to the high content of flammable components (cellulose, hemicellulose and lignin) and low concentration of mineral compound. The presence of moisture increases the amount of biomass burning emissions, worsens inflammation, and most importantly, significantly reduces its calorific value. Reduction of the calorific value of wet biomass occurs due to reducing combustible elements concentration, and absorption of thermal energy for heating and evaporation of available moisture. Condensation of vapour formed in the combustion chamber allows slightly increasing the amount of heat energy as biomass moisture (humidity for more than 30%) should be burned in boilers to regimes that provide higher heat of combustion.

БІО-БЛІЦ

КВОТУ НА ВИРОБНИЦТВО ЦУКРУ РОЗПОДІЛИЛИ МІЖ 44 ЦУКРОВИМИ ЗАВОДАМИ

У Мінагрополітики відбулось засідання Конкурсної комісії з визначення обсягів виробництва цукру квоти «А» на 2016/2017 маркетинговий рік між цукровими заводами. Колегіальним рішенням затверджено перерозподіл обсягів виробництва та поставки цукру квоти «А» на внутрішній ринок між цукровими заводами на період з 01.09.2015 до 01.09.2016, виходячи з інформації, наданої до Мінагрополітики суб'єктами господарювання, щодо обсягів фактичного виробництва цукру у 2015/2016 маркетинговому році та залишків цукру станом на 1 вересня 2015 року. Також на підставі поданих суб'єктами господарювання до Мінагрополітики даних, зокрема, інформації про забезпеченість цукровою сировиною (цукровими буряками, відповідними площами посіву, насіннєвим матеріалом) та техніко-економічних показників роботи, визначена Урядом квота на виробництво та поставку цукру в період з 01.09.2016 до 01.09.2017 в обсязі 1,670 млн тонн була розподілена між 44 цукровими заводами.

ПЕРШИЙ В УКРАЇНІ ЕКОНОМАЙЗЕР ВСТАНОВИЛИ В АЕРОПОРТУ «БОРИСПІЛЬ»

У рамках реалізації плану енергонезалежності від споживання газу в аеропорту «Бориспіль» (Київ) запроваджено новітні технології опалення на альтернативному паливі. Зокрема, встановлено економайзер потужністю 5МВт, що охолоджує дим на виході з котла з 120 до 50 градусів і дозволяє отримувати понад 20% теплової енергії.

РЕКОРДНІ ІНВЕСТИЦІЇ У ВІДНОВЛЮВАНУ ЕНЕРГЕТИКУ

Торік у світову відновлювану енергетику залучено рекордний обсяг інвестицій, який удвічі перевищує фінансування традиційних вугілля та газу, незважаючи на те, що ціни на викопне паливо різко впали у порівнянні з попереднім періодом. На думку експертів, збільшення інвестування у ВДЕ триватиме, в той час як вугілля дешевшатиме. Така «глобальна» тенденція в галузі поновлюваних джерел енергії спостерігатиметься у більшості країн. Детальніше про причини стрімкого розвитку відновлюваної енергетики - у статті видання Bloomberg «Wind and Solar Are Crushing Fossil Fuels».