

ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОЛОМИ, ПРИЗНАЧЕНОЇ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

Ю. І. Семірненко, к.т.н, доцент

С. Л. Семірненко, к.т.н.

Сумський національний аграрний університет

В статті запропоновано дослідження фізико-механічних властивостей соломи зернових культур з метою подальшого її використання в якості місцевого альтернативного виду палива, що розглядається як вирішення екологічних, енергетичних та економічних проблем. Для визначення властивостей соломи в рулонах, призначеної для виготовлення паливних гранул / брикетів, проведено дослідження фракційного складу і вологості. В результаті проведених досліджень встановлено, що використання соломи для отримання паливних гранул / брикетів можливе тільки при її попередньому подрібненні, а виготовлення гранул / брикетів і їх спалювання можливе без попередньої сушки при використанні як місцевого палива.

Ключові слова: паливо, сировина, солома, фракції, частки, вологість, пресування, сушка, гранули, брикети.

Постановка проблеми у загальному вигляді. З підвищенням цін на енергоносії, обмеженістю традиційних джерел енергії виникає необхідність у вирішенні питань раціонального використання енергоресурсів та заміни традиційних дорогих видів палива на альтернативні види. Основним запасом альтернативного палива є біомаса, отримана в більшій мірі як відходи сільськогосподарського виробництва. Питання переробки біомаси мають велику актуальність, пов'язану, в першу чергу, з тим, що з точки зору бізнесу гранули/брикети з біомаси є товаром, тоді як відходи сільського господарства, що представляють основний обсяг біомаси, товаром практично не є. Швидке зростання цін на викопні види палива, прагнення мінімізації транспортних витрат, посилення екологічних вимог також підвищують інтерес до теми переробки біомаси рослинного походження в тверде паливо [5].

Солом'яна біомаса, яка використовується, у якості палива, має ряд особливостей, що відрізняє її від інших енергоресурсів. Основні паливно-технологічні характеристики біомаси прийнято розглядати як постійні. Але деякі з характеристик твердого біопалива, передусім зовнішні (щільність, розміри часток, специфічність поверхні), через подрібнення і ущільнення можуть бути змінені [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. порушена проблема досліджується як у світовій, так і у вітчизняній науковій літературі. Теоретичні засади та практичні механізми екологічно безпечної та економічно ефективної утилізації біомаси рослинного походження знайшли відображення в працях вітчизняних та зарубіжних дослідників, серед яких: А.Долінський, Г.Гелетуха, Т. Железна, Г. Голуб та ін. [2, 3, 4].

Україна активно співпрацює із закордонними організаціями, що працюють в галузі отримання енергії з біомаси: BTG Biomass Technology Group BV (Нідерланди); E.V.A., Austrian Energy Agency (Австрійське енергетичне агентство);

KARA Energy Systems (Нідерланди); SCS Engineers (США); Danish Agricultural Advisory Centre (Датський сільськогосподарський консультативний центр); TNO - MEP (Нідерланди); University of Southern Denmark (Університет Південної Данії) та ін.

Незважаючи на накопичені наукові здобутки та значний практичний досвід у сфері технології утилізації біомаси, перспективним напрямком досліджень для України є використання соломи в якості місцевого палива, що розглядається як вирішення екологічних, енергетичних та економічних проблем. Подальшої активізації потребують дослідження по вирішенню питань зниження витрат на виготовлення та техногенного навантаження на довкілля за рахунок удосконалення технології виготовлення паливних брикетів із соломи.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). В даний час використовувати солому-як паливо досить доцільно: з відносно дешевої сировини, яка залишається після збирання зернових, отримуємо екологічно чисте паливо. Однак слід зазначити, що солома, як і кожен вид палива, має ряд недоліків, серед яких досить висока вологість і різний фракційний склад.

Спалювання біомаси з високою вологістю суперечить ідеї використання біомаси як екологічно дружнього палива взамін шкідливого для навколишнього середовища викопного палива і більш схоже на утилізацію палива як відходів, ніж на ефективне використання палива для отримання теплової енергії. Шкідливі викиди при неповному спалюванні біомаси великі і згубно впливають на навколишнє середовище, людей, рослинний і тваринний світ. З економічної точки зору мають місце низький ККД і великі витрати палива.

Отже, спалювання соломи підвищеної вологості є недопустимим з точки зору техногенного впливу на довкілля і тому обов'язковою умовою використання біомаси в енергетичних цілях є доведення їх вологості до значення, яке забезпе-

че найбільш повне згорання.

Для ефективного використання солом'яною біомаси як палива необхідна відповідна її підготовка – сушка, подрібнення, гранулювання брикетування, що підвищить нижчу теплоту згорання, збільшить коефіцієнт корисної дії котельної установки, знизить витрати умовного палива і викиди забруднюючих речовин. Основним недоліком відповідної підготовки палива є серйозне підвищення вартості палива, і, відповідно, собівартості виробленої енергії, що пов'язано з досить складною і енергоємною технологією процесів сушки, подрібнення, пресування [1].

З метою визначення властивостей соломи, призначеної для виготовлення паливних брикетів, були проведені дослідження фракційного складу та вологості.

Солома є незерною частиною врожаю. Довжина соломи коливається в межах від 0,3 до 1,8 м залежно від культури, сорту, погодних умов в період вегетації, застосування добрив і препаратів, регулюючих висоту рослини. Останнім часом в сільському господарстві знаходять все

більше застосування короткостебельні сорти зернових культур, що підвищує їх стійкість до вилягання, але скорочує урожай соломи. Солома ярових культур, як правило, м'якша і менш міцніша, чим солома озимих, тому перша використовується для кормових цілей, друга – на підстилку, як органічне добриво і місцеве паливо.

Для визначення фракційного складу соломи по довжині частинок із рулонів соломи відбирали по три проби не менше 5 кг. Для визначення ступеню подрібненості соломи озимої пшениці, геометричних розмірів брикетів застосовувалась лінійка вимірювальна металева ЛІ-300. Із відібраних проб виділили по три наважки по 0,5 кг кожна. В кожній наважці вимірювали поспіль не менше 300 частинок і розподіляли їх відповідно на 6 фракцій: $(0-100) \times 10^{-3}$ м, $(101-200) \times 10^{-3}$ м, $(201-300) \times 10^{-3}$ м, $(301-400) \times 10^{-3}$ м, $(401-500) \times 10^{-3}$ м, понад 500×10^{-3} м.

Довжину частинок соломи вимірювали з точністю $\pm 1 \times 10^{-3}$ м. Результати вимірювань фракційного складу соломи заносили в табл. 1.

Таблиця 1 – Розподіл соломи по фракціях

Фракції, м $\times 10^{-3}$	Кількість частинок соломи		Маса частинок соломи	
	шт.	%	кг $\times 10^{-3}$	%
< 100	16	15,0	0,5	2,7
101-200	42	43,0	4,5	24,8
201-300	22	24,0	5,1	28,0
301-400	14	10,0	3,8	20,9
401-500	8	5,0	2,6	14,3
понад 500	5	3,0	1,7	9,3

Розподіл частинок соломи по фракціях показав, що до фракції $(0-100) \times 10^{-3}$ м входило переважно подрібнене листя рослин. Фракція понад 500×10^{-3} м складалася в основному з цілих рослин. Майже третина соломи (28,0% в масовому відношенні) входила до фракції $(201-300) \times 10^{-3}$ м.

Після статистичної обробки даних було встановлено, що дане розділення по фракціях можна представити як функцію поліному п'ятого ступеню: $y = 0.316x^5 - 6.75x^4 + 55.58x^3 - 216.7x^2 + 380.6x - 198$ і описати наступним графіком (див. рис. 1).

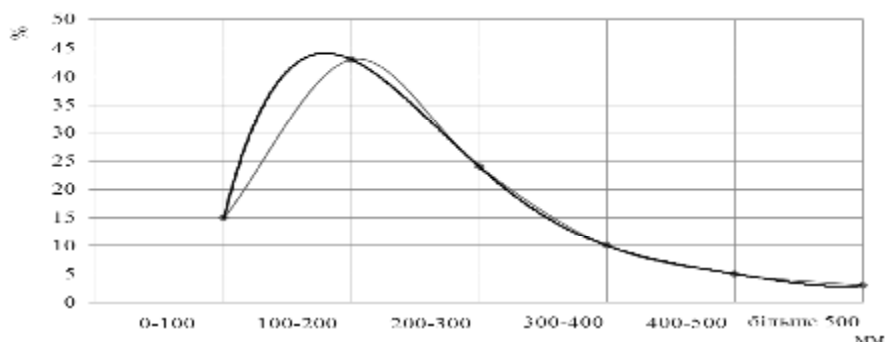


Рис. 1 – Розподіл по фракціях частинок соломи призначеної для виготовлення паливних брикетів

Із табл. 1 та графіка рис. 1 можна зробити висновок, що брикетування соломи для енергетичних цілей можливе при її попередньому подрібненні.

Важливим показником стану соломи є її вологість. Суха солома містить до 14% вологи, середньої сухості – 15-16%, волога – 16-20%, сира – понад 20%.

Для визначення вологості соломи проби були взяті в різних місцях крайніх нижніх рулонів, які зберігалися на відкритому повітрі під навісом на протязі трьох місяців і були найбільш вологими. Проби відбирали з таким розрахунком, щоб вони якомога повніше характеризували дану біомасу. Визначали масову вологість соломи кількістю води в речовині у відсотках від початкової

маси вологої речовини.

Солома, яка використовується для виготовлення брикетів, попередньо подрібнюється. На подрібнення солома поступає в тюках, або в циліндричних рулонах.

Для визначення вологості тюків чи рулонів використовувалася вологомір ІВДМ-2-К. Визначення вологості соломи проводили в сушильній шафі СЭШ-3м, яка розігрівалася до температури 105 ± 3 °С. Наважку зважували на електронних вагах RadwagWLC 0.2/C/1.

Через однакові проміжки часу зразок, вийнятий із сушильної шафи, поміщали на 1800 секунд в ексікатор. Після перебування на протязі 1800 секунд в ексікаторі зразок зважували на тих

же вагах.

Експеримент проводили до тих пір, поки різниця двох зважувань не була меншою $1 \cdot 10^{-7}$ кг. При досягненні такого результату останнє зважування вважалося постійним і експеримент завершували.

Визначення вмісту вологи розраховували за формулою:

$$\varphi = \frac{m_{\text{поч}} - m_{\text{кін}}}{m_{\text{кін}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де $m_{\text{поч}}$ – початкова маса наважки, г;

$m_{\text{кін}}$ – маса наважки після висушування, г.

Аналогічним чином виконувалось визначення вологості солом'яних брикетів.

Результати досліджень приведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Вологість рулонів соломи, призначеної для отримання брикетів

Порядковий номер проби	Маса стаканчиків, $\text{кг} \times 10^{-3}$	Маса стаканчиків із сирією солом'яною, $\text{кг} \times 10^{-3}$	Маса стаканчиків із сухою солом'яною, $\text{кг} \times 10^3$	Маса випаруваної води, $\text{кг} \times 10^{-3}$	Маса сирієї соломи, $\text{кг} \times 10^{-3}$	Відносна вологість соломи, %
1	22,4	30,8	29,2	1,6	8,4	19,05
2	22,4	30,9	29,2	1,7	8,5	20,00
3	22,3	30,5	28,9	1,6	8,2	19,51
4	22,4	30,6	28,9	1,7	8,2	20,73
5	22,1	30,2	28,5	1,7	8,1	20,99
6	22,0	30,3	28,4	1,9	8,3	22,89
7	22,4	30,7	28,8	1,9	8,3	22,89
8	22,1	30,2	28,3	1,9	8,1	23,46
9	22,4	30,7	28,7	2,0	8,3	24,10
10	22,2	30,6	28,6	2,0	8,4	23,81
Середнє	–	–	–	1,8	8,28	21,74

Маса відібраної проби була такою, щоб можна було приготувати необхідну кількість наважок. Перед визначенням вологості соломи стебла рослин та їх складові подрібнили до фракції $(7-10) \times 10^{-3}$ м. Подрібнену солому поміщали в попередньо зважені алюмінієві стаканчики і закривали кришками. Закриті наважки упаковували у вологонепроникний матеріал.

Середня вологість соломи становить 21,74% (див. табл. 2). Оскільки солома, яка зберігається довгий час під дією зовнішнього середовища може мати не однакову вологість у своєму шарі, і ця розбіжність може бути значною, то для її вирівнювання використовують процес сушки. Цей процес по своїм характеристикам є одним із найбільш енерговитратних в технологічному ланцюзі виготовлення паливних брикетів. Тому, для зменшення енергозатрат на сушку і забезпечення рівномірного розподілу вологи нами пропонується обмежитись на підготовчій стадії до пресування заміною сушки на перемішування, яке проходить при подрібненні соломи та механічному пресуванні, коли в спресованому моноліті стискаються вологі і сухі частки. Як показали дослідження, мінімальне зниження вологості соломи при подрібненні складає 1,5%. При брикетуванні мінімальне зниження вологості брикету, який виходить із матриці преса – 1%. Тобто, вологість такого брикету буде відрізнятися від вологості соломи не менше, ніж на 2%. Виготовлення бри-

кетів при такій вологості можливе, тим більше, що з підвищенням вологості соломи до 16% йде зниження питомої роботи пресування, у зв'язку з тим, що волога виконує функцію пластифікатора та в'язучої рідини. Як показали дослідження, збільшення вологості до 20% мало збільшує питому роботу пресування. Але при подальшому збільшенні вологості вода виконує роль тіла, яке розклинює і протидіє ущільненню матеріалу, роблячи його більш пружним, що приводить до збільшення питомої роботи.

Висновки: В результаті проведених досліджень було встановлено, що до фракції $(0-100) \times 10^{-3}$ м входило переважно подрібнене листя рослин і відсоток даної фракції найнижчий 2,7%. Фракція понад 500×10^{-3} м складалася в основному з цілих рослин і її відсоток склав 9,3%. Найбільший відсоток соломи (28,0% в масовому відношенні) входила до фракції $(201-300) \times 10^{-3}$ м.

Згідно досліджень по визначенню середньої вологості соломи в рулонах, які зберігалися на відкритому повітрі під навісом на протязі трьох місяців і були найбільш вологими, середня вологість становила 21,74%. Мінімальне зниження вологості соломи при подрібненні складає 1,5%. При брикетуванні мінімальне зниження вологості брикету, який виходить із матриці преса – 1%. Тобто, вологість такого брикету буде відрізнятися від вологості соломи не менше, ніж на 2%.

При охолодженні утворених брикетів може

забезпечуватися зниження вологості ще на 2%. Таким чином, вологість товарних брикетів становитиме 17%, що є допустимим для використання

в якості місцевого палива, так як для забезпечення належного спалювання вологість соломи повинна становити не більше 20%.

Список використаної літератури:

1. Бакарджієв Р.О. Технічне забезпечення використання соломи на енергетичні цілі / Р.О. Бакарджієв, О.О. Троїцька // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Запоріжжя: НВК Інтер-М, 2013. – Вип. 1. – С 157-162.
2. Голуб Г. А. Теплота згоряння та умови спалювання соломи / Г. А. Голуб, В. О. Лук'янець, С. В. Субота // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2009. – Вип. 134, ч. 2. – С. 275–278.
3. Гелетуха Г. Г. Комплексний аналіз технологій виробництва енергії з твердої біомаси в Україні. Частина 1. Солома / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железна, О. І. Дроздова // Промышленная теплотехника. – 2013. – № 3. – С.56-63.
4. Долінський А.А. Енергозбереження та екологічні проблеми енергетики / А.А. Долінський // Вісник НАН України. – 2006. – № 2. – С. 24–32.
5. Калетнік Г.М. Науково обґрунтовані та практичні підходи використання соломи та рослинних решток у сільському господарстві / Г.М. Калетнік, В.М. Булгаков, І.В. Гриник // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – 2011. – № 9. – С. 62-68.

Semirnenko Y.I., Semirnenko S.L. Определение свойств соломы, предназначенной для изготовления топливных брикетов

В статье предложено исследование физико-механических свойств соломы зерновых культур с целью дальнейшего ее использования в качестве местного альтернативного вида топлива, что рассматривается как решение экологических, энергетических и экономических проблем. Для определения свойств соломы в рулонах, предназначенной для изготовления топливных гранул/брикетов, проведены исследования фракционного состава и влажности. В результате проведенных исследований установлено, что использование соломы для получения топливных гранул/брикетов возможно только при ее предыдущем измельчении, а изготовление гранул/брикетов и их сжигание возможно без предварительной сушки при использовании в качестве местного топлива.

Ключевые слова: топливо, сырье, солома, фракции, частицы, влажность, прессование, сушка, гранулы, брикеты.

Semirnenko Y.I., Semirnenko S.L. Defining the properties of straw, which is intended for the manufacture of fuel briquettes

In the article the study of physical and mechanical properties of straw cereals with a view to its use as a local alternative fuel that is seen as the solution of environmental, energy and economic issues. Affected investigated in the world and in the domestic scientific literature. Need further intensification of research on the reduction of production costs and reduce the anthropogenic impact on the environment by improving the manufacturing technology of fuel briquettes from straw.

Straw biomass that is used as a fuel has several features that distinguish it from other energy sources. The main fuel and technological characteristics of the biomass usually considered as permanent. But some of the characteristics of solid biofuels, primarily outside (density, particle size, surface specificity) through crushing and compaction can be changed.

For efficient use of straw biomass as a fuel it requires appropriate training - drying, shredding, granulating/briquetting, which will increase the lower calorific value, increase the efficiency of the boiler system, reduce fuel costs and emissions of conventional pollutants. The main disadvantage of appropriate training fuel is a serious increase in the cost of fuel, and therefore the cost of energy produced, due to the quite complex and energy-intensive technology processes drying, grinding, pressing.

To determine the properties of straw rolls intended for making fuel pellets / briquettes, studies fractional composition and humidity. As a result of studies found that the use of straw for fuel pellets / briquettes is possible only when the previous milling and production of pellets / briquettes and their combustion is possible without preliminary drying when used as local fuel.

The average moisture content of straw briquettes wettest rolls will be less than 20%. When cooled pellets formed can be ensured reduce humidity by 2%. Thus, commodity pellet humidity will be 17%, which is acceptable for use as a local fuel, so as to ensure proper combustion of straw humidity should not exceed 20-25%.

Keywords: fuel, raw, straw, fraction, particles, humidity, pressing, drying, granules, briquettes.

Дата надходження до редакції: 22.01.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Подригало М.А.