

formation zone and a zone of burning. The effectiveness of the proposed boilers with upper combustion through the use of less expensive fuel is higher than boilers that run on natural gas, and by improving the efficiency of fuel combustion higher than traditional boilers straw. Also offered are suitable for small-scale boilers burning straw.

Keywords: boiler, straw, burning, distributor, rolls, chaff.

Стаття надійшла в редакцію 19.09.2014р.

Рецензент: д.т.н., професор Павлюченко А.М.

УДК 630.839

ОХОЛОДЖЕННЯ ТА СУШКА ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ ІЗ СОЛОМИ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Ю. І. Семірненко, к.т.н., доцент.

С. Л. Семірненко, к.т.н., доцент,

Сумський національний аграрний університет

Для перевірки можливості охолодження та сушки брикетів із соломи озимої пшениці за рахунок тепла від нагріву при пресуванні, визначення необхідності підведення додаткового тепла та підтвердження теоретичних розрахунків були проведені відповідні дослідження. По результатах експериментальних даних побудовані залежності вихідної вологості брикетів від їх вхідної вологості при укладці брикетів в один і два шари та температури підігріву брикетів на 2 ступені для різної кількості шарів брикетів. Запропоновано використання інфрачервоної сушки.

Ключові слова: охолодження, паливні брикети, солома, сушка, вологість, температура, інфрачервона сушка, випромінювання, сушильна установка, витрата електроенергії.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В найближчій перспективі біомаса буде найбільш розвинутим сектор альтернативних паливно-енергетичних ресурсів як в країнах ЄС, так й в Україні, і вагомим замінником природного газу [1]. Але, соломі достатньо складно використовувати у вигляді сировини для прямого спалювання як на етапах збору, транспортування і зберігання, так і на етапі безпосереднього спалювання. Це пов'язано з неоднорідністю соломи, високою вологістю, малим об'ємним енерговмістом та іншими факторами. Для нівелювання цих негативних факторів використовують подрібнення з одночасним перемішуванням, сушка та брикетування. Найбільш енергозатратним із цих факторів є сушка. В теперішній час для зменшення вологості брикетів використовують сушку соломи до її брикетування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Слід відмітити, що для соломи, як палива, як і для більшості біомаси із збільшенням вологості зменшується теплотворна здатність та підвищується при спалюванні кількість викидів в атмосферу шкідливих речовин.

Значення вологості соломи зернових культур може змінюватись у великих межах – від 8% до 60% [2]. Залежить значення вологості від багатьох факторів: біологічних, фітосанітарних, технологічних, кліматичних та ін. Виходячи із діапазону ефективного брикетування соломи – вологість соломи 6–20% відповідно без додаткового підсушування можна отримати брикети з вологістю від 5 до 17% [2]. Згідно європейських стандар-

тів DIN51731, максимально допустима вологість брикетів – 20%, але виходячи із умов зберігання, щільності брикетів і т. ін. вологість брикетів може бути значно вищою.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Застосування ефективних способів сушки брикетів за рахунок власного тепла, отриманого при їх виготовленні приведе до зниження затрат на виробництво брикетів, збільшить їх теплотворну здатність, зменшить кількість шкідливих викидів у довкілля при їх спалюванні, значно зменшить собівартість брикетів. При необхідності, планується застосування досушування соломи за рахунок підведення додаткового тепла.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для перевірки можливості охолодження та сушки брикетів із соломи озимої пшениці за рахунок тепла від нагріву при пресуванні, визначення необхідності підведення додаткового тепла та підтвердження теоретичних розрахунків були проведені відповідні дослідження (рис. 1–2). Брикети під час сушки переміщувалися кулачковим транспортером, укладалися на транспортер в залежності від дослідів в різну кількість шарів. Зона сушки була розділена на дві ступені.

Кожен дослід проводився трикратно, відбиралися результати з найменшими явними похибками.

Залежність вихідної вологості брикетів від їх вхідної вологості при різній кількості шарів брикетів наведені на рис. 1.

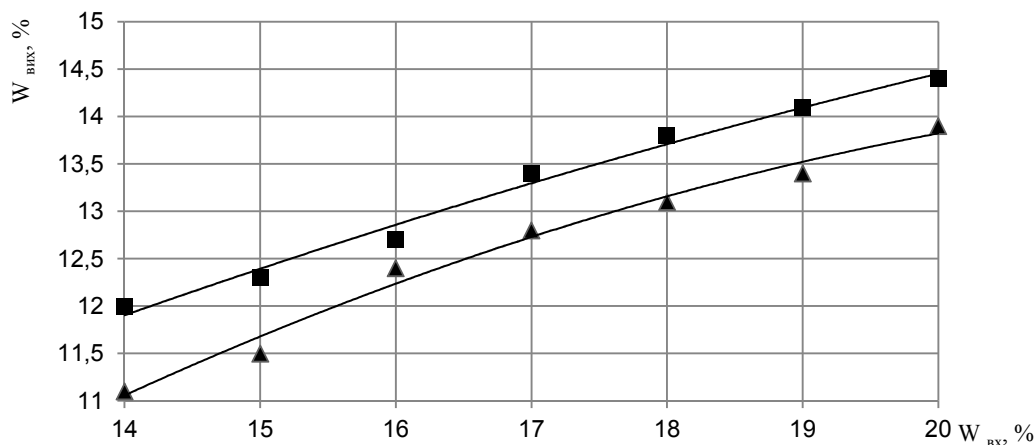


Рисунок 1 – Залежність вихідної вологості брикетів від їх вхідної вологості при $V_p = 2$ м/с;
 $\square = 1,5 \times 10^3$ с; Н: \blacktriangle – 1 шар, \blacksquare – 2 шари

Порівнюючи результати наведених на рис. 1 досліджень можна зробити висновок, що при укладці брикетів в два шари на кулачковий транспортер при сушці йде збільшення вихідної вологості у порівнянні з одним шаром. При максимальній вологості соломи 20% ця різниця становить 0,5 відсотка. Це вказує на необхідність збільшення потужності підігрівача повітря на другій ступені сушки. Тому, нами пропонується для охолоджен-

ня та сушки паливних брикетів застосовувати укладку брикетів на кулачковому транспортері в один шар.

Значення температури підігріву повітря калорифером на другій ступені для забезпечення вихідної вологості брикетів 14% при вхідній вологості 20% для різної кількості їх шарів наведено на рис. 2.

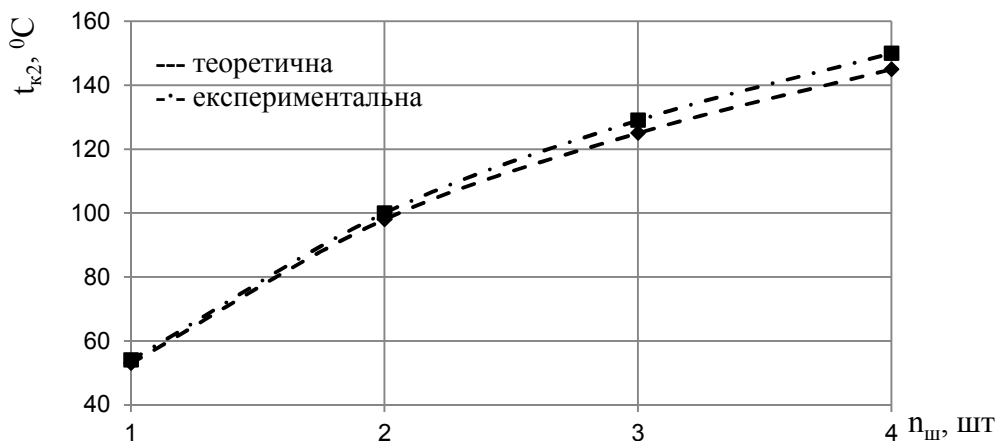


Рисунок 2 – Температура підігріву повітря калорифером на 2 ступені для забезпечення $W_{вих} = 14\%$ при $W_{вх} = 20\%$ для різної кількості шарів брикетів

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження вказують на необхідність значного підвищення температури повітря на другій ступені сушки для забезпечення необхідної вологості брикетів – з 53°C при одному шарі до 145°C в чотири шари. В той же час значне підвищення температури сушки тягне за собою підвищення затрат на сушку, збільшення температури агента сушки на виході з сушильного апарату, що в свою чергу, приводить до теплового забруднення довілля. Тому нами пропонується для сушки застосовувати розташування брикетів в один шар.

Одним із способів досягнення досушування брикетів може бути використання для цих цілей інфрачервоної сушки.

Як відомо, інфрачервона сушка є ефективним способом дегідратації. Енергія ІЧ-

випромінювання передається від нагрівального елемента до поверхні продукту без нагріву навколишнього повітря. Випромінювання падає на відкритий матеріал, проникає в нього, а потім перетворюється на відчутне тепло. У перебігу процесу сушіння постійно змінюються поглинаємість, відбивна здатність і пропускна здатність. Поглинання, товщина поглинаючого шару і пропускна здатність залежать від довжини хвилі ІЧ-випромінювання і властивостей брикетів. Перевагами інфрачервоного випромінювання є високі коефіцієнти тепловіддачі, короткий час сушіння і легкість контролю температури брикетів. Кінетика сушіння залежить від довжини хвилі випромінювання, від відстані між інфрачервоними випромінювачами і опроміненою поверхнею, і від швидкості повітряного потоку.

Розрахунки сушильних установок, у тому числі розрахунки по витраті електроенергії представлені в роботах [3, 4].

Витрата електроенергії на сушіння ϵ , (Вт) визначається за такою формулою:

$$\epsilon = \frac{EF}{\eta\nu\alpha}, \quad (1)$$

де E – щільність опромінення – щільність променистого потоку по опроміненій поверхні, Вт/м³;

F – площа опромінюваної поверхні в сушарці, м²;

η – енергетичний ККД джерела випромінювання звичайно приймається рівним 0,7 - 0,75;

ν – коефіцієнт ефективності джерела випромінювача, що залежить від ступеня заповнення опромінення виробами простору і від відношення довжини камери l_k до відстані від ламп до опромінюваної поверхні h ; в практичних розрахунках коефіцієнт змінюється в межах 0,7–0,85;

α – коефіцієнт багатократних віддзеркалень: камери, поверхні опромінення виробів і частки потоку, відбитого камерою; в практичних розрахунках коефіцієнт приймається в межах 1,07–1,09.

Щільність променистого потоку по опромінюваній поверхні E дорівнює:

$$E = \frac{\bar{S} \cdot \alpha (t - t_e)}{A}, \quad (2)$$

де $\bar{S} = S/S_0$ – відношення площ повної поверхні і випромінювальної поверхні, яке при односторонньому опроміненні $\bar{S} = 2$;

α – сумарний коефіцієнт конвективної тепловіддачі, Вт/(м² К);

t, t_e – температури випромінювальної поверхні та навколишнього середовища, °С;

A – коефіцієнт поглинання випромінювання випромінювальним тілом.

Площа випромінювальної поверхні в сушильній установці знаходиться за формулою:

$$F = wb\tau, \quad (3)$$

dw – швидкість конвеєра, м/с;

b – ширина висушувального шару, м;

τ – тривалість сушіння, с.

Швидкість конвеєра визначається з рівняння:

$$w = \frac{L_k}{\tau \cdot 60} \quad (4)$$

де L_k – довжина конвеєра, м.

Довжина конвеєра (м) сушильної установки розраховується за формулою:

$$L_k = \frac{G_2 \cdot \tau}{N \cdot 24 g_k^M} \quad (5)$$

де $\frac{G_2}{N \cdot 24}$ – місткість однієї сушильної камери що висушують матеріалу, кг;

G_2 – маса матеріалу, що опромінюється за одиницю часу, кг/с;

N – число сушильних камер;

g_k^M – маса висушеного матеріалу, що припадає на 1 м довжини конвеєра, кг/м;

τ – тривалість сушіння, год.

Підставляючи в формулу 1 всі розкриті значення параметрів, отримаємо рівняння в розгорнутому вигляді для розрахунку електроенергії на сушіння брикетів в сушильній установці з ІЧ-випромінюванням:

$$\epsilon = \frac{\bar{S} \cdot \alpha (t - t_e) \cdot w \cdot b \cdot \tau}{A \cdot \eta \cdot \nu \cdot \alpha} \quad (6)$$

Аналізуючи наведену залежність, можна встановити, що витрата електроенергії або тепла на радіаційну сушку збільшується з підвищенням різниці температур опромінюваної поверхні брикету та навколишнього середовища, із збільшенням сумарного коефіцієнта тепловіддачі, із збільшенням відношення площ S і зменшенням коефіцієнта A поглинання тепла випромінювальною поверхнею, який також залежить від розташування випромінюючих ламп в сушильній установці.

Висновки. Із проведених досліджень установлена оптимальна кількість шарів брикетів для зменшення затрат на сушку брикетів. Запропоновано для досушування брикетів, при необхідності, використання інфрачервоної сушки. Представлені фактори, що впливають на витрати електроенергії на сушку паливних брикетів.

Список використаної літератури:

1. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Обзор технологий сжигания соломы с целью выработки тепла и электроэнергии // Экотехнологии и ресурсосбережение, 1998, № 6, с. 3 – 11.
2. Справочник потребителя биотоплива (под редакцией Виллу Вареса) – Таллин: Таллинский технический университет, 2005, с. 35 – 37.
3. Кришер О. Научные основы техники сушки [Текст]: [пер. с нем.] / О.Кришер; под ред. А.С.Гинзбурга. - М.: Изд. иностр. лит., 1961. - 397 с.:ил.
4. Лебедев, П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок [Текст] / П.Д. Лебедев. - М.: Госэнергоиздат, 1963. - 320 с: ил.

Семирненко Ю.И., Семирненко С.Л. Охлаждение и сушка топливных брикетов из соломы озимой пшеницы

Для проверки возможности охлаждения и сушки брикетов из соломы озимой пшеницы за счет тепла от нагрева при прессовании, определения необходимости подвода дополнительного тепла и подтверждения теоретических расчетов были проведены соответствующие опыты. По результатам экспериментальных данных были построены зависимости исходной влажности брикетов от их входной влажности при укладке брикетов в один и два слоя и температуры подогрева

брикетів на 2 ступені для різного кількості шарів брикетів. Предложено використання інфрачервоної сушки.

Ключевые слова: охолодження, паливні брикети, соломка, сушка, вологість, температура, інфрачервона сушка, випромінювання, сушильна установка, витрати електроенергії.

Semirnenko U., Semirnenko S. Cooling and drying briquettes of winter wheat straw

The straw is difficult to use as a raw material for direct burning both stages of collection, transport and storage, and at the stage of direct combustion. This is due to the heterogeneity of straw, high humidity, low volumetric energy content and other factors. For leveling these negative factors used grinding while mixing, drying and briquetting. The most energy intensive of these factors is drying. Currently, in order to reduce humidity drying straw briquettes using its briquetting.

The use of effective methods of drying pellets through its own heat, resulting in their manufacture will reduce the cost of production of briquettes will increase their calorific value, reduce the amount of harmful emissions into the environment during their combustion significantly reduce the cost of briquettes. If necessary, the final drying is performed with straw due to supply additional heat.

To test whether the cooling and drying briquettes from wheat straw by the heat from the heat when pressing, determine the need for additional heat supply and confirm the theoretical calculations were carried out relevant experiences. According to the results of the experimental data constructed depending on the initial moisture briquettes their input humidity at the conclusion of briquettes in one and two layers of bricks and heating temperature in the second degree for different numbers of layers pellets. Proposes the use of infrared drying.

Analyzing the dependence can establish that the consumption of electricity or heat for drying radiation increases with increasing temperature difference between the irradiated surface of the cake and the environment, with an increase in the total heat transfer coefficient with increasing ratio of area S and the reduction rate and the absorption of heat radiating surface, which also depends the location of lamps emitting in the drying plant.

Out of the studies established the optimal number of layers pellets to reduce costs for drying bricks. Proposed for final drying bricks, if necessary, the use of infrared drying. In work are presented the factors that affect the cost of electricity to dry fuel pellets.

Keywords: cooling, briquettes, straw, drying, humidity, temperature, infrared drying, radiation, drying plant, consumption of electrical energy.

Стаття надійшла в редакцію 20.09.2014р.

Рецензент: д.т.н., професор Кочмола М.М.

УДК 666.9:664.1/.2

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА УТИЛІЗАЦІЯ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗЯНОГО КРОХМАЛЮ

В. П. Дмитриков, д.т.н., професор, Полтавська державна аграрна академія,

А. Б. Шестозуб, к.х.н., доцент, Дніпродзержинський державний технічний університет

М. Й. Кравченко, к.х.н., доцент, Сумський національний аграрний університет

Наведено результати досліджень по утилізації відпрацьованої сульфатної кислоти яка є вторинною сировиною цеху гідролізу кукурудзяного крохмалю. Проаналізовані різні напрямки утилізації сульфатної кислоти і як результат запропонована загальна схема технології переробки кислоти шляхом її нейтралізації кальцієвими солями вугільної кислоти. Впровадження представленої схеми в виробничий процес вирішує важливу екологічну проблему запобігання забрудненню ґрунтів та водоймищ кислими хімічними речовинами, до яких відноситься хімічно активна сульфатна кислота. Поряд з цим кінцевим продуктом нейтралізації буде одержаний необхідний будівельний промисловості гіпс. Вироби із гіпсу мають значно кращі показники по вогнестійкості, тепло і звукопровідності та інше в порівнянні з цементними виробами. Простота і екологічність одержання та переробки гіпсових матеріалів супроводжується значно нижчими витратами палива, електричної енергії, значно нижчим капіталовкладенням і металоємністю в порівнянні з традиційними цементними виробами, що важливо для організації підприємств середньої і малої потужності. В умовах ринкової економіки підприємства, що переробляють аграрну продукцію ведуть інтенсивний пошук можливостей утилізації побічної продукції, яка утворюється в результаті основного виробництва, тим самим економічні показники таких виробництв покращуються, знижується собівартість продукції, підвищується її конкурентоспроможність.

Розроблений спосіб переробки сульфатної кислоти є безвідходним, ресурсозберігаючим і еко-