

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОТЛІВ ІЗ ВЕРХНІМ ГОРІННЯМ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ СОЛОМИ

Г. А. Голуб, д.т.н.,

С. М. Кухарець, к.т.н.,

О. Я. Переходько, інженер

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В статті розглянуто ефективність використання котлів із верхнім горінням. В Україні виробляються теплогенератори з повітряним теплоносієм для спалювання соломи, які можна агрегувати з сушарками та використовувати для опалення теплиць й виробничих приміщень, водонагрівальні котли для обігріву виробничих приміщень та соціально-культурних об'єктів, котли-теплогенератори для спалювання відходів деревообробки.

Проте при спалюванні рослинної біомаси виникають деякі труднощі, пов'язані із неоднорідністю біомаси, як палива; відносно високою вологістю, малим питомим енерговмістом, низькою температурою плавлення золи. Крім того, не вирішені питання дрібнотоварного спалювання соломи.

Пропоновані котли мають розподільник повітря, що забезпечує надходження повітря в дві області котла, зону утворення генераторного газу та зону його горіння. Ефективність пропонованих котлів із верхнім горінням за рахунок використання дешевшого палива вища ніж у котлів, що працюють на природному газу та за рахунок підвищення ефективності спалювання палива вище ніж у традиційних котлів, що працюють на соломі. Крім того, пропоновані котли придатні для дрібнотоварного спалювання соломи.

Ключові слова: котел, солома, горіння, розподільник, рулони, січка.

Постановка проблеми. В Україні виробляються теплогенератори з повітряним теплоносієм для спалювання соломи, які можна агрегувати з сушарками та використовувати для опалення теплиць й виробничих приміщень, водонагрівальні котли для обігріву виробничих приміщень та соціально-культурних об'єктів, котли-теплогенератори для спалювання відходів деревообробки [1, 2, 3].

Проте при спалюванні рослинної біомаси виникають деякі труднощі, пов'язані із неоднорідністю біомаси, як палива; відносно високою вологістю, малою питомою енергоємністю, низькою температурою плавлення золи. Крім того, не вирішені питання дрібнотоварного спалювання соломи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зоні горіння рослинної біомаси необхідно створити сприятливі умови для повного згоряння соломи, без плавлення золи та із підтримання рівномірного процесу виділення тепла [4, 5, 6, 7].

Таких умов можна досягти застосувавши котли, що мають дві робочі області: першу - утворення генераторного газу та другу - горіння генераторного газу [8] (рис. 1). В таких котлах є можливість регулювання процесом тепловиділення за рахунок зміни об'ємів повітря, що надходить в

робочі області котла [9, 10].

Мета роботи. Встановити ефективність використання двозонних котлів верхнього горіння.

Результати досліджень. З конструктивних міркувань, щоб забезпечити рівномірну подачу повітря в область утворення генераторного газу, нижню секцію розсіювача повітря виконано із 4-х трубчастих секцій постійного перерізу, а верхню секцію, для забезпечення подачі необхідної кількості повітря в область горіння утвореного газу – у вигляді конусного повітропроводу.

Знаючи витрати палива та враховуючи геометричні розміри розподільника повітрята рулону соломи, можна встановити діаметр топки D_K та висоту H_K котла, кількість його завантажень на добу та інші параметри (табл. 1).

Нами розроблено конструкції котлів, в яких вирішені вищевказані проблеми. Так для потужностей котла (рис. 2) від 10 кВт до 70 кВт в якості палива доречно використовувати січку соломи, що дозволяє зменшити габарити котла (діаметр топки D_{TK} від 0,48 м (для $P_K=10$ кВт) до 0,96 м (для $P_K=70$ кВт). Висота котла H_K лежить в діапазоні від 2,23 м до 3,41 м. Для котлів із більшою потужністю доречно використовувати рулони діаметром від 1,1 до 1,45 м (для P_K від 130 до 200 кВт).

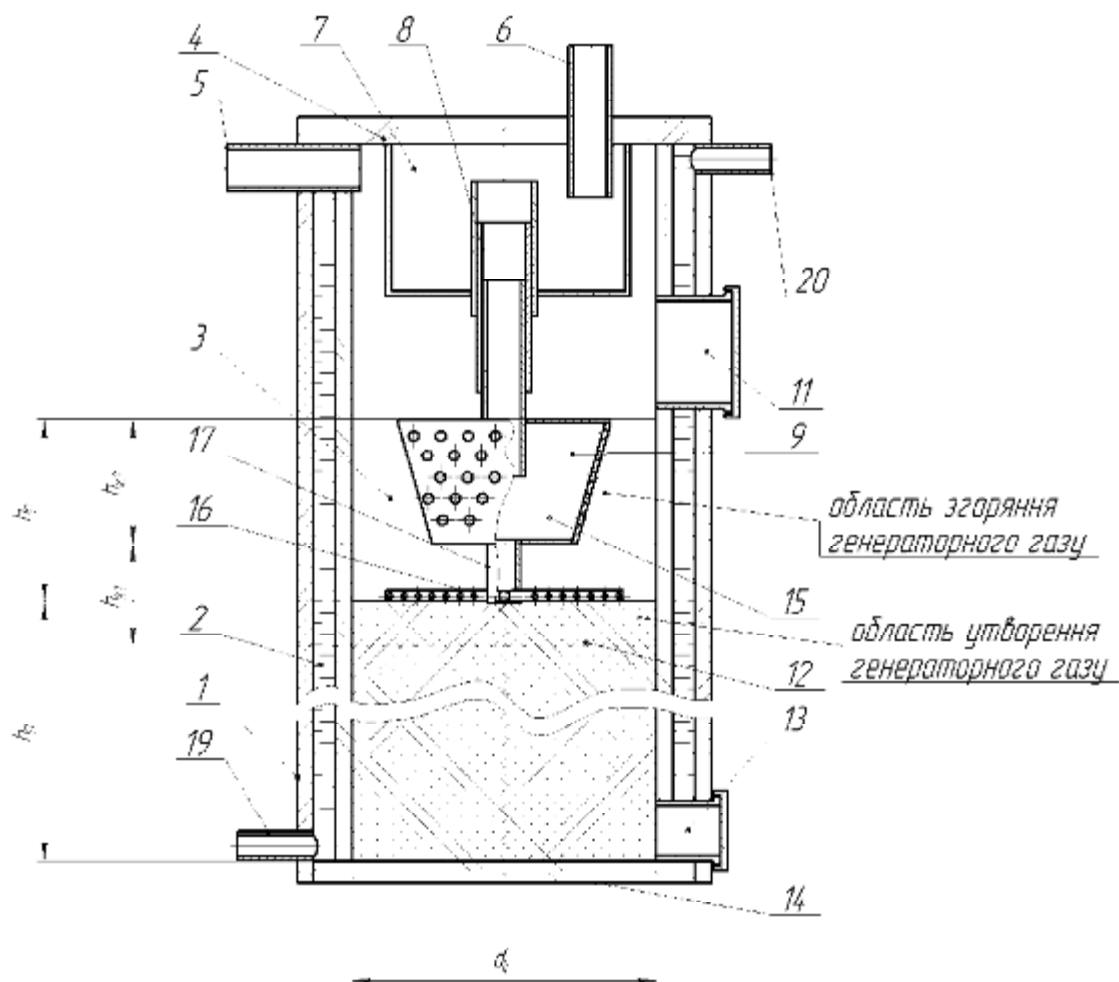


Рис. 1. Загальний вигляд котла для спалювання соломи:

1 – корпус; 2 – порожнина; 3 – камера згорання; 4 – кришка; 5 – патрубок для видалення продуктів згорання; 6 – патрубок для подачі повітря; 7 – проміжна ємкість; 8 – напрямна; 9 – розсіювач повітря; 10 – отвори, 11 – дверцята для палива; 12 – паливо; 13 – дверцята для попелу; 14 – днище; 15 – верхня секція розсіювача повітря; 16 – нижня секція розсіювача повітря; 17 – трубчастий 18 – трубчасті елементи; 19 – патрубок для подачі холодної води; 20 – патрубок для відведення гарячої води.

d_k – діаметр котла; $h_{г1}$ – висота палива; $h_{г2}$ – висота розпилювача повітря; $h_{к1}$ – висота області утворення генераторного газу; $h_{к2}$ – висота області згорання генераторного газу

Таблиця 1

Параметри котлів із верхнім горінням для спалювання соломи

Теоретична теплова потужність $P_{тк}$, кВт	Витрати біомаси за добу G_b , кг	Загальні витрати повітря $V_{заг}$, м ³ /с	Кількість завантажень $n_{заг}$	Діаметр топки $D_{тк}$, м	Висота топки $H_{тк}$, м	Висота загальна $H_{к}$, м	ККД η_k	Робоча теплова потужність $P_{рп}$, кВт	Потужність вентилятора подачі повітря $P_{ем}$, Вт
Котли для дрібнотоварного спалювання соломи									
10	66,7	0,00369	3	0,48	2,05	2,41	90	9	46
20	133,3	0,00738	3	0,72	1,82	2,23	90	18	92
40	266,7	0,01477	4	0,72	2,73	3,51	90	36	185
60	400,0	0,02215	4	0,96	2,30	3,17	90	54	277
Котли для спалювання рулонів соломи									
80	533,3	0,02954	3	1,3	1,20	2,12	91	72,8	369
100	666,6	0,03692	4	1,3	1,20	2,36	91	91	462
120	800,0	0,04430	2	1,3	2,40	3,79	91	109,2	554
140	933,3	0,05169	2	1,6	2,40	3,76	91	127,4	646
160	1066,6	0,05907	2	1,6	2,40	3,95	91	145,6	738
180	1199,9	0,06645	2	1,6	2,40	4,14	91	163,8	831
200	1333,3	0,07384	3	1,6	2,40	4,34	91	182	923



Рис. 2. Зовнішній вигляд котла КГВ-20 із верхнім горінням для спалювання соломи-січки ($P_k=20$ кВт)

В котлах потужністю до 70 кВт використовується січка соломи, що завантажується через бокові дверцята. А котли більшої потужності (від 80 до 200 кВт) завантажуються рулонами соломи через верхню частину котла, яка виконана знімною. Тому, для таких котлів необхідно передбачити використання вантажопідйомного обладнання для механізації завантаження рулонів (рис. 3).

Пропоновані котли для спалювання рослинної біомаси, за рахунок використання удосконаленої конструкції розсіювача повітря, дозволяють збільшити площу горіння палива із збереженням стабільної подачі повітря в зону утворення генераторного газу, а також забезпечити ефективне спалювання горючих газів за рахунок подачі додаткового повітря в камеру згорання котла. У кінцевому підсумку це дозволяє на 19% підвищити віддачу тепла в порівнянні із прямим спалюванням соломи.

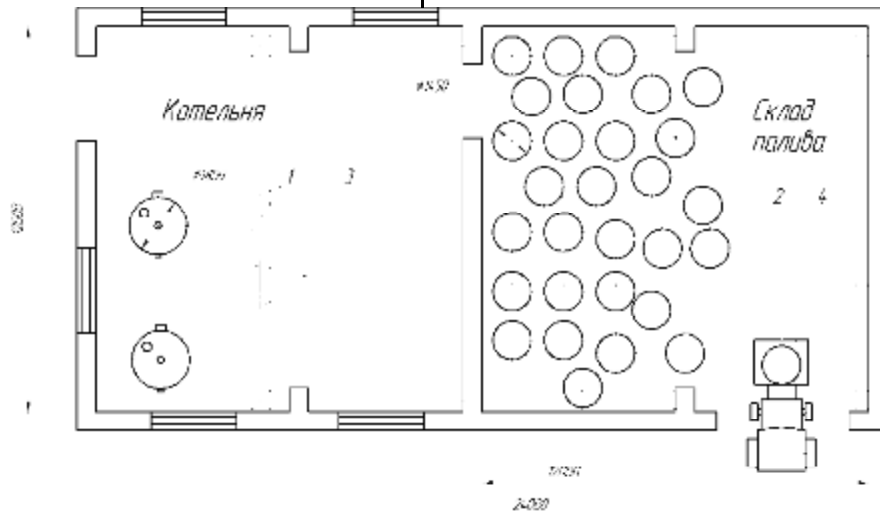


Рис. 3. Схеமாகотельні, що оснащена котлами КГВ-200 із верхнім горінням для спалювання соломи в рулонах: 1 – котел ($P_k=200$ кВт), 2 – рулон соломи ($d_m=1,45$ м; $h_m=1,2$ м); 3 – кран-балка (оснащена захватом для рулонів); 4 – транспортний засіб для переміщення рулонів соломи до складу палива

Для техніко-економічної порівняльної оцінки за базовий варіант обрано два котла виробництва ОАО ЮТЕМ -RAU2-600М (теплова потужність $P_k=860$ кВт) та RAU2-331М ($P_k=300$ кВт), що спалюють солому у рулонах, а також газовий котел

марки МН-120 ($P_k=756$ кВт). За порівняльний варіант обрано пропоновані котли із верхнім горінням КГВ-20 ($P_k=20$ кВт), що працює на соломі-січці та КГВ-200 ($P_k=200$ кВт), що працює на рулонах соломи (табл. 2).

Таблиця 2

Техніко-економічне обґрунтування ефективності виробництва тепла із соломи

Параметри	Од. виміру	Базовий варіант			Пропонований варіант	
		RAU2-600М	МН-120	RAU2-331М	КГВ-20	КГВ-200 (2 котла)
Теплопродуктивність	кВт	860	756	300	20	400
	МДж/год.	3096	2722	1080	72	1440
Коефіцієнт корисної дії	відн. од.	0,82	0,9	0,73	0,91	0,91
Витрата соломи за рік	т/рік	1143,5	-	449,3	24,0	480,0
Вихід генераторного газу за рік	тис. м ³	-	-	-	48,0	477,4
Витрата природного газу за рік	тис. м ³	-	371,5	-	-	-
Річна теплопродуктивність	ГДж	13375	11757	4666	311	6221
Капіталовкладення	грн.	694119	538667	385622	30672	276047
Встановлена електрична потужність котла	кВт	3	2,8	1	0,1	1
Питомі витрати	грн./ГДж	33,2	115,0	37,4	30,1	30,0

Проведене техніко економічне обґрунтування ефективності використання котлів із верхнім горінням дозволило встановити, що питомі витрати на отримання тепла складають для котлів, що працюють на рулонах соломи RAU2-600M (теплова потужність $P_k=860$ кВт) – 33,2 грн./ГДж та RAU2-331M ($P_k=300$ кВт) – 37,4 грн./ГДж. Для котла, що працює на природному газу КВГ-200 ($P_k=200$ кВт) – 115 грн./ГДж. Для котла із верхнім горінням, що працює на січці

соломи КВГ-20 ($P_k=20$ кВт) – 30,1 грн./ГДж, а для котла із верхнім горінням, що працює на рулонах КВГ-200 ($P_k=200$ кВт) – 30 грн./ГДж.

Висновки. Ефективність пропонованих котлів із верхнім горінням на 74% вища ніж у котлів, що працюють на природному газу (за рахунок використання дешевого палива) та на величину від 10,4 до 19,9% вища ніж у традиційних котлів, що працюють на соломі (за рахунок підвищення ефективності спалювання палива).

Список використаної літератури:

1. Енергоавтономність виробництва на основі біологічних видів палива / Молодик М.В., Голуб Г.А., Лук'янець В.О., Рубан Б.О., Віршовка М.І. // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 11. – С. 39-44.
2. Голуб Г.А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем / Г.А.Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – 417 с. – С. 303-312.
3. Голуб Г.А. Науково-дослідний інститут техніки і технологій – аналіз діяльності та перспективи розвитку / Г.А.Голуб// Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 3. – 347 с. – С. 9-23.
4. Гелетуша Г.Г. Обзор технологий сжигания соломы с целью выработки тепла и электроэнергии / Г.Г. Гелетуша, Т.А. Железная // Экологические технологии и ресурсосбережение. – 1998. - № 6. – С. 3-11.
5. Evald A., Larsen M.G. Experiences from 61 Straw-Fired District Heating Plants in Denmark // Ibid. - Vol. 1. - P. 211-216.
6. Mosbech N., Jakobsen K. Possibilities and Limitations for Biomass as a Means of CO₂ Reduction in the Danish Heat and Power Production // Ibid. - Vol. 3. - P. 1748-1753.
7. Дубровин В. Сельхозпроизводство как источник энергии / В. Дубровин, М. Мельничук, В. Мироненко // Зерно. – 2006. - № 2. – С. 76-81.
8. Пат. 105346 Україна, МПК F24H 1/10, F23B 60/00. Котел водогрійний для спалювання рослинної біомаси / О. Я. Переходько, Г. А. Голуб; В. А. Дубровін; О. Н. Дімітрєв, С. М. Кухарець; О. Я. Переходько. заявка № а201310034; заявлено 12.08.2013; опубліковано 25.04.2014; Бюл. №8. – 6 с.
9. Кухарець С.М. Аналіз процесів утворення та горіння генераторного газу в котлах для спалювання соломи / Кухарець С.М. // Вісник ЖНАЕУ. – 2014. – Вип. №2 (45), Т. 4, ч. 2. – С. 336-344.
10. Кухарець С.М. Обґрунтування основних параметрів котлів із верхнім горінням / С.М. Кухарець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2, С.238-250.

Голуб Г.А., Кухарець С.Н., Переходько О.Я. Эффективность использования котлов с верхним горением для сжигания соломы

В статье рассмотрена эффективность использования котлов с верхним горением. В Украине производятся теплогенераторы с воздушным теплоносителем для сжигания соломы, которые можно агрегатировать с сушилками и использовать для отопления теплиц и производственных помещений, водонагревательные котлы для обогрева производственных помещений и социально-культурных объектов, котлы-теплогенераторы для сжигания отходов деревообработки.

Однако при сжигании растительной биомассы возникают некоторые трудности, связанные с неоднородностью биомассы, как топлива; относительно высокой влажностью, малым удельным энерго содержанием, низкой температурой плавления золы. Кроме того, не решены вопросы мелкотоварного сжигания соломы.

Предлагаемые котлы имеют распределитель воздуха, обеспечивающий поступление воздуха в две области котла, зону образования генераторного газа и зону его горения. Эффективность предлагаемых котлов с верхним горением за счет использования более дешевого топлива выше, чем у котлов, работающих на природном газе и за счет повышения эффективности сжигания топлива выше чем у традиционных котлов, работающих на соломе. Кроме того, предлагаемые котлы пригодны для мелкотоварного сжигания соломы.

Ключевые слова: котел, солома, горения, распределитель, рулоны, сечка.

Golub G., Kuharets S., Perehodko O. Efficiency of using boiler with top burning for straw burning

In article efficiency boilers with upper combustion. In Ukraine produced heat generators, air-cooled for straw that can dryer and used for heating greenhouses and industrial premises, water-heating boilers for heating industrial premises, social and cultural facilities, boilers, heat generators for burning waste wood.

However, the combustion of biomass having some difficulties related to the heterogeneity of biomass as fuel; relatively high humidity, low specific, low ash melting point. In addition, issues remain small-scale straw.

Featured boilers have air distributor, providing the flow of air in two areas of the boiler, generator gas

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.