

ИССЛЕДОВАНИЕ СЖИГАНИЯ АГРОПЕЛЛЕТ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

**Р.Л. Исьемин, С.Н. Кузьмин, В.В. Коняхин,
А.В. Михалёв, А.Т. Зорин, А.П. Прокопчик**

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический
университет», г. Тамбов*

Рецензент С.И. Дворецкий

Ключевые слова и фразы: зола; кипящий слой; сельскохозяйственные отходы; скорость горения.

Аннотация: Представлены результаты исследования сжигания пеллет, изготовленных из соломы, лузги проса и древесных отходов, в кипящем слое, который формируют сами пеллеты, кусочки кокса и зола сгоревших пеллет. Показано, что в таком слое скорость горения пеллет возрастает 8,76–19,4 раза в сравнении с сжиганием отходов растениеводства в плотном слое, а зола имеет порошкообразную структуру.

В России в среднем за год образуется не менее 33 млн тонн отходов растениеводства, при сжигании которых со средним коэффициентом использования топлива 70 % может быть получено около $4 \cdot 10^8$ МДж тепловой энергии. Низкая насыпная плотность отходов растениеводства является основным препятствием к их использованию в качестве топлива, так как по таким показателям как влажность и теплота сгорания эти отходы превосходят древесные.

По нашему мнению, для использования в качестве топлива отходов растениеводства последние должны быть переработаны в агропеллеты (гранулы), что позволит резко повысить их насыпную плотность до 630... 670 кг/м³. Однако агропеллеты имеют зольность, более чем в 10 раз превосходящую зольность древесных пеллет, и золу с низкой температурой плавления [1], что в целом усложняет работу котельного оборудования и снижает его надежность. Сжигание отходов растениеводства зачастую осуществляется в плотном слое с неподвижными относительно друг друга частицами топлива на движущейся решетке [2], что имеет ряд существен-

Исьемин Р.Л. – кандидат технических наук, директор биоцентра при ИДО ТамбГТУ; Кузьмин С.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Гидравлика и теплотехника» ТамбГТУ; Коняхин В.В. – инженер ИДО ТамбГТУ; Михалёв А.В. – заместитель директора по производственно-техническим вопросам ИДО ТамбГТУ; Зорин А.Т. – инженер ИДО ТамбГТУ; Прокопчик А.П. – инженер ИДО ТамбГТУ; г. Тамбов.

ных недостатков [3]: 1) низкая скорость горения (до 250 кг/м²ч), которая имеет экстремальную зависимость от скорости дутьевого воздуха. Поэтому максимальное видимое тепловое напряжение зеркала горения топки котла при сжигании отходов растениеводства (800 кВт/м²) в два раза ниже значений, рекомендуемых для шахтных топок, цепных решеток и даже решеток с неподвижными колосниками [4], и требуются значительно большие площади топок и большие габариты котлов, чем при сжигании ископаемых топлив; 2) фиксированный углерод практически не выгорает, но возможно расплавление золы и образование агломератов шлака, затрудняющих работу топки и котла.

Нами предложено сжигать агропеллеты в кипящем слое в жаротрубно-дымогарном котле (табл. 1) [5]. Исследования процессов горения проводились на лабораторной установке, имитирующей жаровую трубу котла диаметром 1000 мм и длиной 600 мм. В воздухораспределительную решетку с «живым сечением» подавался воздух от вентилятора с максимальным напором 2,5 кПа.

В ходе опытов на слой горячей золы периодически подавалась свежая порция пеллет весом 4,2 кг, после чего включался дутьевой вентилятор, и порция пеллет воспламенялась. При этом через каждую секунду измерялся перепад давления в экспериментальной топке с помощью дифференциального микроманометра «Testo-525» и температура газов над слоем горящего топлива с помощью термомпары типа ТХА, подключенной к прибору «Center-306».

Скорость воздуха изменялась в пределах от 0,065 до 0,25 кг/с. Нижний предел скорости воздуха соответствовал скорости воздуха при сжигании соломенных пеллет в котле мощностью 200 кВт, а верхний предел – в котле мощностью 800 кВт. После завершения горения каждой порции топлива из очагового остатка отбиралась проба, которая подвергалась анализу для определения содержания углерода. При каждом значении весовой скорости воздуха для каждого типа пеллет выполнялось пять опытов. Воспроизводимость результатов этих опытов была хорошей. Также в ряде опытов через закрытую кварцевым стеклом дверцу экспериментальной установки велось наблюдение за процессом горения пеллет и видеосъемка этого процесса.

Таблица 1

Характеристики пеллет, сжигаемых в экспериментальной установке

Наименование показателя	Пеллеты из древесных отходов	Пеллеты из лузги проса	Пеллеты из соломы озимой пшеницы
Диаметр пеллет, мм	8,0	7,0	10,0
Насыпная плотность, кг/м ³	670	786	630
Содержание золы, %	0,5	9,7	4,38
Содержание серы, %	0,1	0,4	0,07
Выход летучих веществ, %	75,0	82,0	68,67
Теплота сгорания, МДж/кг	20,73	18,38	15,42

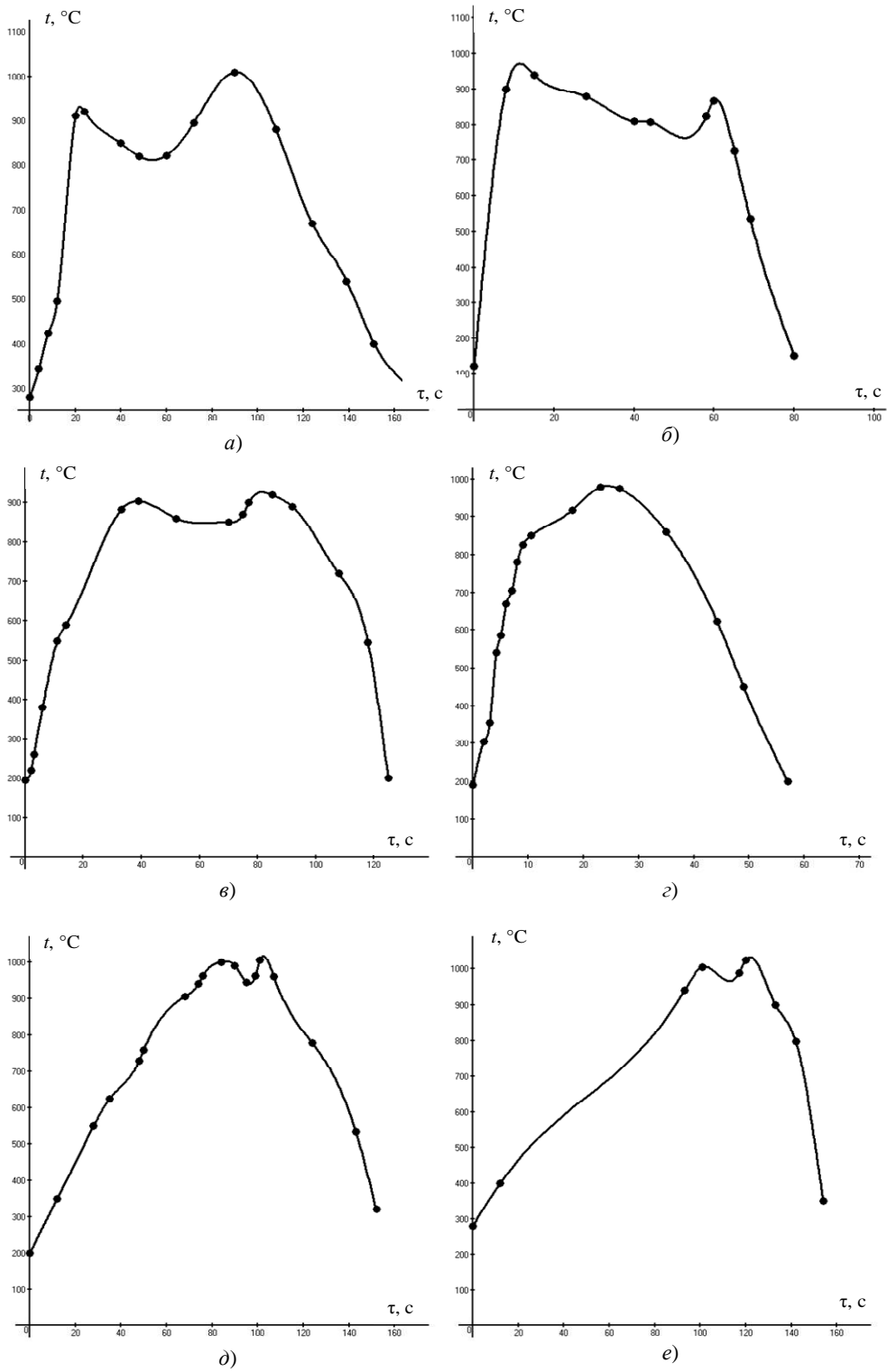


Рис. 1. Изменение температуры газов над слоем горящих пеллет

Как видно из рис. 1, а, б, при сжигании древесных пеллет кривая изменения температуры газов имеет два четко выраженных максимума: правый максимум соответствует максимальной температуре при сжигании летучих веществ, а левый – максимальной температуре при сжигании коксового остатка. С увеличением скорости воздуха в 3,85 раза продолжительность горения порции древесных пеллет уменьшается в 2,61 раза.

При сжигании соломенных пеллет (рис. 1, в) при скорости воздуха 0,065 кг/с максимальная температура газов над слоем топлива не превышает 920 °С, а продолжительность горения составляет 133,8 с. С увеличением скорости воздуха до 0,25 кг/с (рис. 1, г) максимальная температура газов над слоем горящих пеллет достигает 980 °С, а продолжительность горения порции сокращается в 1,88 раз. То есть в кипящем слое соломенных пеллет скорость их горения в 3,74–7,01 раза выше максимальной скорости горения измельченной соломы в плотном слое [4].

При сжигании пеллет из лузги проса и скорости воздуха 0,065 кг/с (рис. 1, д) максимальные температуры, достигаемые при горении летучих веществ и коксового остатка, одинаковы (1000 °С). Продолжительность горения порции пеллет из лузги проса при скорости воздуха 0,065 кг/с составляет 141,4 с и не сокращается с увеличением скорости воздуха до 2,5 кг/с (рис. 1, е).

Анализ пеллет после выхода из них летучих веществ показал, что в них содержится практически один углерод (от 90,3 % у пеллет, изготовленных из лузги проса, до 99,5 % у пеллет из древесных отходов). После сжигания пеллет в кипящем слое содержание углерода снижается до 11,8 % у древесных пеллет, до 70,37 % у пеллет из лузги проса и до 83,5 % – у соломенных пеллет, у которых диаметр в 1,43 раза меньше диаметра пеллет, изготовленных из лузги проса.

Очаговые остатки при сжигании пеллет всех типов были порошкообразными, без агломератов шлака. Отсутствие агломератов шлака было выявлено в результате визуальных наблюдений за процессом горения и обусловлено подвижностью частиц в слое.

Выводы

1. Скорость горения агропеллет в кипящем слое почти такая же, как у древесных пеллет, хотя в последних содержится в 8,76–19,4 меньше золы.

2. Скорость горения агропеллет в кипящем слое значительно превосходит (для соломенных пеллет в 3,74–4,46 раза) максимальную скорость горения отходов растениеводства в плотном слое, а тепловое напряжение зеркала горения в топке примерно в два раза выше, чем в топках с цепной решеткой и шахтных топках при сжигании ископаемых топлив.

3. При сжигании агропеллет в кипящем слое прогнозируется более надежная работа котла, так как температура топочных газов на 100... 180 °С ниже температуры топочных газов при сжигании отходов растениеводства в плотном слое (меньше вероятность расплавления частиц летучей золы и образования плотных отложений этой золы на поверхностях нагрева котла), а очаговый остаток имеет порошкообразную структуру (агломераты расплавившейся и спекшейся золы отсутствуют).

Список литературы

1. Справочник потребителя биотоплива / под ред. Виллу Вареса – Таллинн : Изд-во Таллинск. политех. ун-та, 2005. – 182 с.
2. Теплотехнический справочник. Т.2 – М. : Энергия, 1976. – 896 с.
3. Straw combustion in a fixed bed combustor / A. Khor [and others] // Fuel. – 2007. – Vol. 86. – Is. 1–2. – Pp. 152–160.
4. Co-combustion of coal and bio-pellets in the high temperature fluidized bed / S.N. Kuzmin [and others] // Proceeding 19th FBC conference (May 21 – May 24, 2006), Vienna, Austria, Part 1.
5. Yang, Y.B. Mathematical modeling of straw combustion in a 38 MWe power plant furnace and effect of operating conditions / Y.B. Yang, R. Newman, V. Sharifi, J. Swithenbank, J. Ariss // Fuel. – 2007. – Vol. 86. – Is. 1–2. – Pp. 129–142.

Research into Agropellets Burning in the Fluidized Bed

**R.L. Isyemin, S.N. Kuzmin, V.V. Konyakhin,
A.V. Mikhalev, A.T. Zorin, A.P. Prokopchik**

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: agricultural waste products; fluidized bed; burning speed; ashes.

Abstract: The paper presents the results of research into burning of pellets made of straw, husk of millet and wood waste products in a fluidized bed, which forms pellets, slices of coke and ashes of burned down pellets. It is shown, that in such a layer the burning speed of pellets grows 8,76–19,4 times in comparison with that of waste agricultural products in a fixed bed; what is more ashes have powdered structure.

© Р.Л. Исъемин, С.Н. Кузьмин, В.В. Коняхин,
А.В. Михалёв, А.Т. Зорин, А.П. Прокопчик, 2008