

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТОПОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО СЖИГАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

А.М. Шувалов, А.В. Самодуров

Лаборатория «Альтернативные источники энергии; ВИИТиН

Представлена членом редколлегии профессором Ю.Л. Муромцевым

Ключевые слова и фразы: кипящий слой; лузга; пневмозабрасыватель; процесс горения; растительные отходы; расход воздуха; топочное устройство; энергетическое использование.

Аннотация: Обоснована актуальность проведения исследований по использованию растительных отходов в качестве топлива. Приведены особенности сжигания лузги гречихи, обладающей низкой насыпной плотностью и высокой парусностью, кинетика подачи лузги с использованием пневмозабрасывателя. Отражены результаты исследования режимов горения лузги в топочном устройстве с кипящим слоем, а также зависимость производительности пневмозабрасывателя от расхода воздуха, подаваемого для обеспечения нормального процесса горения. Приведено уравнение регрессии, устанавливающее зависимость коэффициента неравномерности лузги от высоты расположения, угла наклона забрасывателя и скорости движения воздуха на его выходе.

Энергетическое использование органических веществ растительного происхождения в качестве альтернативного топлива сегодня привлекает внимание энергетиков всего мира. Связано это, прежде всего, с возобновляемостью данного топливного ресурса и с его экологической чистотой – растительные отходы поглощают оксидов углерода больше, чем выделяется при их сжигании [1].

В большинстве развитых стран имеются долгосрочные программы по биоэнергетике. Так в Финляндии, занимающей ведущее место в области изучения и использования биотоплива, соответствующие исследования ведутся по программе BIOENERGIA, включающей около 60 проектов и финансирующейся в объеме 50 млн. дол. Подобные работы ведутся также в ряде стран мира – США, Канаде, Японии, Дании, Польше, Чехии и др. Тем не менее, биотопливо пока занимает скромное место в топливных балансах сельхозпредприятий [1].

Значительное количество растительных отходов (соломы, лузги) скапливается в сельском хозяйстве при переработке зерновых культур, и эти отходы по отношению к массе собранного урожая составляют, %: пшеница – 175, кукуруза – 120, рис – 180, соевые бобы – 260 хлопок – 300 [2].

В России создание технологий по энергетическому использованию растительной биомассы осуществляется в рамках Государственной научно-технической программы «Экологически чистая энергетика». Однако энергетическое использование биомассы ограничивалось в основном промышленной энергетикой. Связано это с тем, что в нашей стране разработка техники, использующей в качестве топлива растительные отходы, велась в основном в области использования отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности, так как на подобных пред-

приятных скапливались большие объемы отходов. К тому же отсутствовал экономический стимул, так как в структуре затрат сельскохозяйственной продукции энергозатраты составляли 2...5 %, а стоимость энергоносителей была крайне низкой (в течение нескольких десятилетий электроэнергия сельхозпредприятиям отпускалась по цене 1 коп./кВт·ч).

В последние годы ситуация с энергообеспечением сельхозпредприятий резко изменилась. Невероятный рост цен на энергоносители значительно увеличил (до 20...40 %) долю энергозатрат в себестоимости сельхозпродукции. Это принуждает к изысканию новых более экономичных вариантов энергообеспечения, одним из которых является использование биомассы растительных отходов сельскохозяйственного производства.

В связи с введением в стране рыночных отношений в сельском хозяйстве получают широкое распространение малогабаритные цеха по переработке гречихи, подсолнечника и других культур. До 20...25 % от переработанной массы в этих цехах скапливается лузга, которая вывозится на свалку или сжигается примитивными способами. Это связано с материальными затратами на перевозку лузги на свалку и ухудшением экологической среды.

Особый интерес с точки зрения получения и использования тепловой энергии представляет лузга гречихи. Для нее не требуется предварительная подготовка перед сжиганием (распилка, дробление, измельчение), и потребителем тепловой энергии, полученной от сжигания лузги, является тот же процесс, от которого получена лузга – термомеханическая переработка гречихи для производства гречневой крупы. Расчеты и поисковые опыты показывают, что от эффективного сжигания лузги можно получить тепловой энергии в 2 раза больше, чем требуется на гидротермическую обработку гречихи. Излишки энергии могут быть использованы на отопление производственных помещений и нагрев воды для коммунально-бытовых целей (душ и др.). Перспективы энергетического использования лузги подтверждаются и следующими данными: 4,5 кг гречневой лузги эквивалентно 1 кг жидкого топлива, а выход лузги при переработке гречихи составляет 19...27 %.

Однако предварительные опыты показали, что лузга гречихи в обычных условиях горит плохо (тлеет) с выделением большого количества дыма, и для ее эффективного сжигания необходимо специальное топочное устройство, обеспечивающее оптимальные режимы горения. К тому же лузга обладает высокой парусностью и низкой насыпной плотностью. Это накладывает дополнительные условия на подачу ее в топочное устройство.

В ИИТиНом разработано топочное устройство для сжигания лузги гречихи в кипящем слое. Конструктивное исполнение и принципы его работы приведены в работе [3].

В кипящем слое мелкозернистые частицы лузги под действием аэродинамических сил потока воздуха, подаваемого через специально выполненную колосниковую решетку, переходят в подвижное состояние и совершают беспорядочное движение в некотором объеме над колосниковой решеткой. При повышении скорости воздуха, продуваемого через слой, наступает момент, когда при определенной скорости перепад давления в слое численно станет равным весу частиц, проходящихся на единицу площади решетки, частицы лузги опираются теперь не на поддерживающую решетку, а на поток воздуха. Сцепление между ними нарушается, они становятся подвижными, высота и порозность слоя увеличиваются, и он как бы кипит. Исследования показали, что при таком режиме работы топочного устройства наблюдается наиболее интенсивное горение лузги гречихи.

Эффективность сжигания лузги гречихи оценивали по температуре топочных газов, которая прямо пропорционально зависит от выделенной теплоты сгоревшей лузги, то есть чем выше температура топочных газов для данного количе-

ства топлива, тем больше полнота сгорания и тем меньше химический и механический недожег. Полнота сгорания лузги зависит от величины загрузки ее в единицу времени, толщины слоя, способа и количества подаваемого воздуха через колосниковую решетку.

Результаты исследований показали (рис. 1), что наиболее эффективный режим горения достигается при подаче воздуха через колосниковую решетку 700...800 м³/ч, этому соответствует температура топочных газов 670 °С, расход лузги 110...120 кг/ч (рис. 2). При этом удельный расход воздуха для топочного устройства составлял 7 м³ на 1 кг лузги.

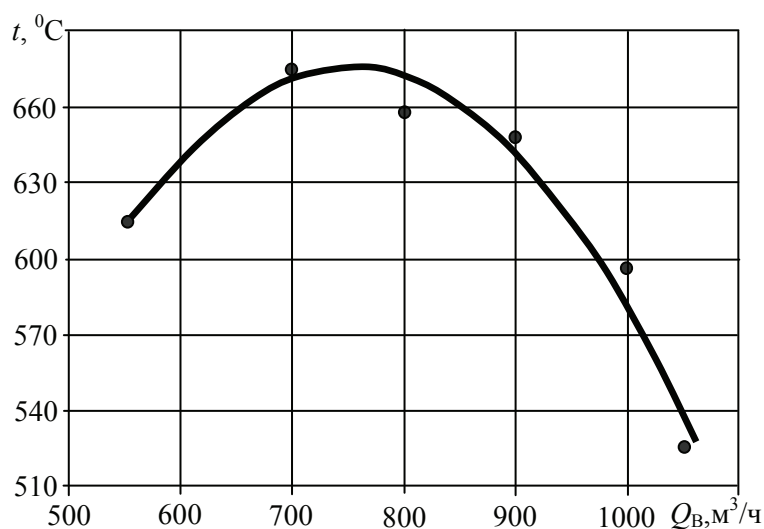


Рис. 1 Изменение средней установившейся температуры топочных газов:

Q_в – подача воздуха в топочное устройство, м³/ч;

t – температура топочных газов, °С

Важную роль в снижении неполноты горения играет механизация топочных устройств. Так, например, в ручных топках из-за периодической загрузки топлива процесс горения характеризуется неравномерным распределением воздуха. В период после загрузки свежей порции лузги, то есть в период интенсивного выделения летучих, топка работает с недостатком воздуха из-за увеличения толщины слоя, что приводит к образованию продуктов неполного горения. Далее по мере выгорания топлива его слой уменьшается и в топку поступает больше воздуха, что приводит к увеличению потерь с уходящими газами и отрицательно сказывается на выбросах в атмосферу. Это несоответствие между количеством необходимого и фактически подаваемого воздуха особенно характерно для топлив с большим выходом летучих, к которым относится и лузга гречихи.

Для исключения указанных недостатков в топочном устройстве применен для подачи высокопарусной лузги пневмозабрасыватель, который подает лузгу в топку путем вдувания ее потоком воздуха под давлением. Вдуваемый воздух не только загружает топку лузгой, но и обеспечивает завихрение частиц в топочном пространстве, что обеспечивает горение их во взвешенном состоянии. Кроме того, воздух пневмозабрасывателя перемешивается с частицами лузги, что активизирует процесс горения. Расход воздуха пневмозабрасывателя устанавливался с таким расчетом, чтобы его скорость на выходе выгрузного патрубка была больше скорости витания частиц гречневой лузги.

В результате опытов было установлено, что производительность пневмозабрасывателя при одном и том же расходе воздуха на выходе выгрузного патрубка

(100 м³/ч) зависит от количества воздуха, подаваемого через колосниковую решетку (рис. 2), что связано с избыточным давлением воздуха в топочном устройстве.

Для обеспечения наилучших условий горения лужи необходимо, чтобы неравномерность ее распределения по поверхности зеркала горения была наименьшей.

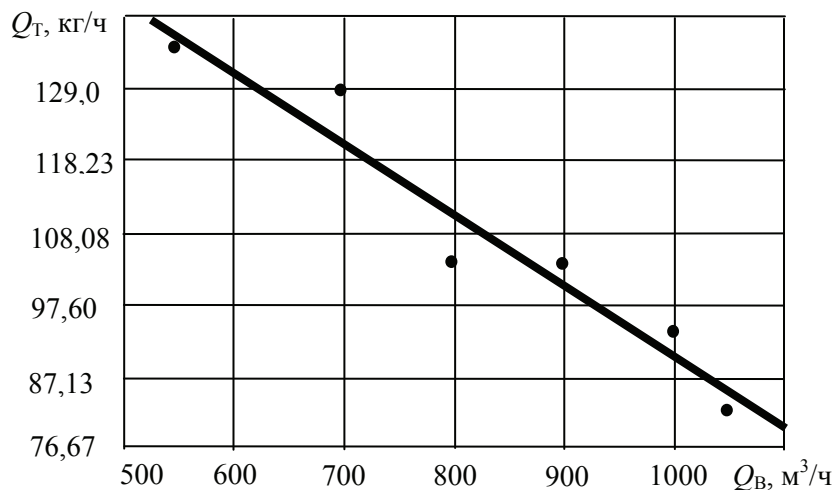


Рис. 2. Зависимость производительности пневмозабрасывателя от расхода воздуха подаваемого на процесс горения:

$Q_{\text{т}}$ – расход топлива, кг/ч; $Q_{\text{в}}$ – подача воздуха, м³/ч

В результате опытов было установлено, что на неравномерность распределения лужи гречихи оказывают влияние следующие параметры: высота расположения забрасывателя над плоскостью разброса h_3 , угол наклона забрасывателя к плоскости разброса α_3 , а также скорость движения воздуха на выходе забрасывателя $V_{\text{в}}$.

Для определения функциональной зависимости влияния вышеуказанных величин на неравномерность распределения лужи по поверхности разброса был проведен многофакторный эксперимент. При этом был принят некомпозиционный план второго порядка на кубе типа Бокса-Бенкина [4].

Для обеспечения равномерности внесения элемента случайности влияния неуправляемых и неконтролируемых факторов на отклик была использована рандомизация проведения опытов [5].

В результате обработки опытных данных была найдена полиномиальная зависимость коэффициента неравномерности от вышеуказанных факторов

$$k_{\text{пер}} = 0,77176 - 0,13242x_1x_2 + 0,12342x_1x_3 - 0,1898x_2x_3 + 0,06099x_3^2. \quad (1)$$

Переход от кодированных значений (x_1, x_2, x_3) факторов к натуральным ($h_3, \alpha_3, Q_{\text{в}}$) осуществляется по формулам:

$$h_3 = \varepsilon_1 \cdot x_1 + h_{30}; \quad \alpha_3 = \varepsilon_2 \cdot x_2 + \alpha_{30}; \quad V_{\text{в}} = \varepsilon_3 \cdot x_3 + V_{\text{в}0},$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – интервалы варьирования факторов; $h_{30}, \alpha_{30}, V_{\text{в}0}$ – основные уровни факторов в натуральных выражениях.

Адекватность полученной модели проверялась по критерию Фишера.

Таким образом, описанные выше конструктивная схема и результаты исследований являются основанием для разработки и производства топочных устройств с пневмоподачей топлива и горением его в кипящем слое с использованием в качестве топлива лузги гречихи и других мелкозернистых растительных отходов с низкой насыпной плотностью и высокой парусностью.

Список литературы

1. Зысин Л.В., Кошкин Н.Л. Некоторые итоги применения растительной биомассы в энергетике развитых стран // Теплоэнергетика. – 1997. № 4. – С. 28-32.
2. Пермяков Б.А., Журавский Г.И., Аристархов Д.В., Сергеев С.М. Разработка и исследование энерго- и ресурсосберегающих технологий получения топлива из растительной массы // Энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 2-й международной научно-технической конференции. Часть 2. – Москва: ВИЭСХ, 2000. – С. 527-531.
3. Самодуров А.В. К вопросу разработки устройства, использующего в качестве топлива мелкозернистые растительные отходы // Труды ТГТУ: Сб. научных статей молодых ученых и студентов. Вып. 10. – Тамбов: Издательство Тамб. гос. техн. ун-та, 2002.
4. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
5. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

Investigation of Furnace Working Modes for Efficient Burning of Vegetation Waste

A.M. Shuvalov, A.V. Samodurov

All-Russian Scientific Research and Technology Designing Institute of Equipment and Oil Products Application in Agriculture, Tambov

Key words and phrases: boiling layer; husks; pneumatic spreader; burning process; air consumption; vegetation waste; furnace; energetic usage.

Abstract: Necessity of conducting research of vegetation waste usage as fuel is motivated. Peculiarities of buckwheat husks burning possessing low spreading density and high flying, kinetics of husks feeding using pneumatic spreader are given. The results of investigating husks burning modes in the furnace with boiling water and dependence of pneumatic spreader output on air consumption required for normal burning process are revealed. Regression equation setting the dependence of husks irregularity coefficient on the location height, feeder bend angle and air motion velocity on its output is given.

Forschung der Arbeitsregimes der Feuerneinrichtung für das wirksame Verbrennen der Pflanzenabfälle

Zusammenfassung: In der Arbeit ist die Aktualität der Durchführung der Forschungen nach der Nutzung der Pflanzenabfälle als der Brennstoff begründet. Es sind die Besonderheiten des Verbrennens der Buchweizenschale, die über die niedrige auf-

geschüttete Dichte und hohen Segelumfang verfügt, die Kinetik der Schaleabgabe mit der Nutzung der Luftdruckeinwurfvorrichtung angeführt. Es sind die Ergebnisse der Forschung der Regimes des Schalebrennens in der Feuerleinrichtung mit der siedenden Schicht und auch die Abhängigkeit der Produktivität der Luftdruckeinwurfvorrichtung vom Luftaufwand, der für die Versorgung des normalen Prozesses des Brennens gereicht wird, abgespiegelt. Es ist die die Abhängigkeit des Koeffizienten der Ungleichmäßigkeit der Schale von der Höhe der Anordnung aufstellte Gleichung des Rückschritts, des Neigungswinkels der Einwurfvorrichtung und der Geschwindigkeit der Luftbewegung auf ihrem Ausgang angeführt.

Etude des régimes de travail du dispositif de la chauffe pour le brûlage des déchets végétaux

Résumé: Dans l'article on explique l'actualité des études de l'utilisation des déchets végétaux en qualité du combustible. On a nommé les particularités du brûlage des déchets du sarrasin qui possèdent une basse densité du remblai et de la haute volante ainsi que la cinétique du débit des déchets avec l'emploi du dispositif pneumatique du remblai. On a reféléte les résultats des études du brûlage des déchets dans le dispositif de la chauffe avec une couche bouillante ainsi que la dépendence de la capacité du travail du dispositif pneumatique du remblai de l'air débité pour l'assurance du processus normal du brûlage. On a cité l'équation de la régression qui établit la dépendence du coefficient de la disproportion des déchets de la hauteur de la disposition, de l'angle du déclin du dispositif du remblai et de la vitesse du mouvement de l'air à sa sortie.
