

воздухом. Входящие в состав брикетов нефтесодержащие отходы также способны повышать гидрофобные свойства топлива, что впоследствии способствует их длительному хранению и защите от влаги.

Полученное топливо может использоваться в качестве альтернативного на энергоустановках Белорусской железной дороги. Применение альтернативного топлива на энергоустановках многих пугает, так как это может оказаться экономически неприемлемым в силу значительных капитальных затрат на модернизацию оборудования, а также использование таких видов топлива может не удовлетворять экологическим требованиям.

Разработанная математическая модель для данной технологии позволила, с учётом используемых компонентов, физико-химического состава и особенностей энергоустановки, рассчитать оптимальный с энергетической и экологической точек зрения подбор компонентного состава топлива. В свою очередь, такой подход позволяет использовать на энергоустановках твёрдое многокомпонентное топливо без дополнительных экономических затрат.

Для подтверждения полученных математических данных соотношений компонентного состава проводились научно-практические исследования, а опытные партии в рамках выполнения научно-исследовательских работ по теме «Технологии производства энергоэффективного топлива на основе нефтесодержащих и древесных отходов», прошли ряд исследований и анализов, необходимых для установления теплотворной способности, зольности, содержания серы, влажности, физико-химического состава, атмосферных выбросов и др. параметров, которые позволили убедиться в соответствии полученного твёрдого многокомпонентного топлива действующим стандартам и расчётам математической модели. В среднем по маркам содержание различных веществ составляет: серы – 0,3 %, что не превышает установленную норму, зольность – 10,1 % при норме 23 %, теплота сгорания – 4330 ккал/кг. В докладе приведена диаграмма сравнительной характеристики топлива твёрдого многокомпонентного с различными видами топлива.

В то же время экономическое обоснование применения технологии производства твёрдого многокомпонентного топлива из различных отходов с содержанием нефтепродуктов показывает окупаемость внедрения в течение 25 месяцев (с учётом размещения производства в существующем строении). С применением технологии и разработанного оборудования для холодного брикетирования отходы становятся не головной болью, а предметом инвестиционной привлекательности.

В ряде случаев, с учетом проведённого анализа образования различных горючих отходов в Республике Беларусь, внедрение технологий производства топлива многокомпонентного твёрдого на предприятиях транспортного комплекса позволяет решать проблемы обеспечения стабильной сырьевой топливной базы для энергетических установок, работающих на древесном топливе, а также увеличения доли местных видов топлива в энергобалансе страны, сохраняя при этом экологическую безопасность.

УДК 628.114

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

*А. Н. ПЕХОТА*

*ОДО «ТеплоБел», г. Гомель*

*Ю. А. ПШЕНИЧНОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На предприятиях транспорта образуется значительное количество нефтесодержащих отходов. Один из путей утилизации этих отходов заключается в их использовании при изготовлении топлива твёрдого многокомпонентного в соответствии с технологией, разработанной *А. Н. Пехота*. В основу данной технологии положен метод «холодного» брикетирования топлива на установке, представляющей собой шнековый пресс-экструдер, в который производится загрузка предварительно подготовленной массы, состоящей из нефтесодержащих и древесных отходов. Содержащиеся в массе нефтеотходы увеличивают полноту сгорания и придают пластичность полуфабрикату при изготовлении брикетов. Брикет может иметь различные геометрические формы и типоразмеры, что регулируется формирующей фильерой на выходе из пресса. Входящие в состав брикетов нефтесодержащие отходы также способны повышать гидрофобные свойства топлива, что способствует их длительному хранению и защите от влаги. Отличительной чертой брикета является продольное отверстие, необходимое как для увеличения эффективных сроков сушки, так и для улучшения сгорания из-за всестороннего обдува брикета топочными газами и проточным вытяжным воздухом.

Переход на сжигание брикетированного топлива может оказаться экономически неприемлемым в силу значительных капитальных вложений для перестройки энергетического оборудования. Кроме того, использование такого топлива может не удовлетворять экологическим требованиям.

Нами предлагается решение данных проблем на основе оптимального с экономической и экологической точек зрения подбора состава композитного топлива.



При сжигании любого вида топлива образуются выбросы, т. е. газопылевые вещества, подлежащие выводу (выбросу в атмосферу) за пределы производства, включая входящие в них опасные и/или ценные компоненты, которые улавливают при очистке отходящих технологических газов и ликвидируют в соответствии с требованиями национального законодательства и/или нормативных документов.

В процессе горения топлива, наряду с выделением тепловой энергии, с отходящими газами выбрасывается ряд веществ, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду.

Рассмотрим сжигание двух компонентного брикетированного топлива, в котором доля древесных опилок —  $x_1$ , а доля смеси нефтяных отходов —  $x_2$ .

Низшая рабочая теплота сгорания брикета, МДж/кг,

$$Q(x_1, x_2) = Q_1 x_1 + Q_2 x_2,$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  — низшая рабочая теплота сгорания древесных опилок и смеси нефтяных отходов соответственно, МДж/кг.

Расчетный расход топлива-брикетов при максимальной нагрузке энергетического оборудования, кг/с,

$$B = \frac{100N}{[Q_1 x_1 + Q_2(1 - x_1)] \eta_k},$$

где  $N$  и  $\eta_k$  — мощность и КПД энергетической установки.

Безразмерная концентрация выбросов в атмосфере в соответствии с ОНД-86

$$q = \frac{AMFnm\eta}{C_u H^2 \sqrt[3]{V\Delta T}}.$$

Коэффициент  $A = 200 \text{ с}^{1/3} \text{ К}^{-2/3} \text{ мг/г}$ ,  $H$  — высота источника выбросов, м,  $C_u = 0,085 \text{ мг/м}^3$ ,  $\Delta T = 120 \text{ К}$ ,  $V = 24,7 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Принимаем  $F = 1$ ,  $n = 1$ ,  $m = 1$ ,  $\eta = 1$ .

При учете только азота оксидов  $M = M_{1, \text{NO}_x} + M_{2, \text{NO}_x}$ ,

$$M_{1, \text{NO}_x} = \left(1 - \frac{q_{41}}{100}\right) \frac{100N}{[Q_1 x_1 + Q_2(1 - x_1)] \eta_k} x_1 Q_1 \left[10^{-3} H_{1,T} K_{1,T} \alpha_T \sqrt{\left(1 - \frac{q_{41}}{100}\right) \frac{100N}{[Q_1 x_1 + Q_2(1 - x_1)] \eta_k} x_1 Q_1^3} \right] \beta_p,$$

$$M_{2, \text{NO}_x} = (1 - x_1) \frac{100N}{[Q_1 x_1 + Q_2(1 - x_1)] \eta_k} Q_2 \left[10^{-3} H_{2,T} K_{2,T} \alpha_T \sqrt{\frac{100N}{[Q_1 x_1 + Q_2(1 - x_1)] \eta_k} (1 - x_1) Q_1^3} \right] \beta_p.$$

Коэффициенты  $q_{41}$ ,  $H_{1,T}$ ,  $K_{1,T}$ ,  $H_{2,T}$ ,  $K_{2,T}$ ,  $\beta_p$  выбраны в соответствии с ТКП 17.08-01-2006 (02120). Зависимость безразмерной концентрации  $q$  от доли первого компонента брикета (древесных опилок) приведена на рисунке 1.

По мере увеличения доли древесных опилок безразмерная концентрация выбросов азота оксидов  $q$  уменьшается, достигая минимального значения, а затем растет.

Таким образом, предложена методика, позволяющая рассчитывать доли компонентного состава брикетированного топлива, удовлетворяющая индивидуальным особенностям энергетического оборудования и экологическим требованиям, предъявляемым к его работе.

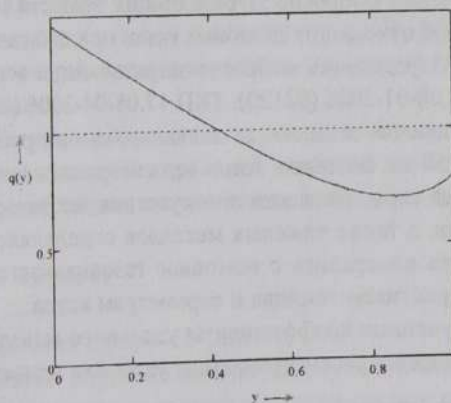


Рисунок 1 — Зависимость безразмерной концентрации  $q$  от доли первого компонента брикета

УДК 662.613.125

## ПРИГОТОВЛЕНИЕ МАЗУТНОГО СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Ю. Г. САМОДУМ, М. В. АНДРЕЙЧИКОВ, А. П. ДЕДИНКИН  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В Республике Беларусь мероприятия по использованию отходов, в том числе и различного рода отработанных масел, регламентируются Законом “Об обращении с отходами” 2007 года. В соответствии со статьей