

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 662.8.053.33

ПЕХОТА

Александр Николаевич

**МНОГОКОМПОНЕНТНОЕ ТВЕРДОЕ КОТЕЛЬНО-ПЕЧНОЕ
ТОПЛИВО НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ
И ВЯЗКИХ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ
И ТЕХНОЛОГИЯ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности **05.14.04** – Промышленная теплоэнергетика

Минск 2016

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете.

Научный руководитель – **Хрусталеv Борис Михайлович**, академик НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, ректор Белорусского национального технического университета

Официальные оппоненты: **Карницкий Николай Борисович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» Белорусского национального технического университета;

Савчин Василий Васильевич, кандидат технических наук, заведующий отделом электродуговой плазмы ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси»

Оппонирующая организация – Научно-исследовательское и проектное республиканское унитарное предприятие «БЕЛТЭИ»

Защита состоится «26» мая 2016 г. в 14 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.05.01 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, проспект Независимости, 65, корп. 2, ауд. 201, e-mail: pte@bntu.by, тел. ученого секретаря (+375 17) 293-92-16.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «22» апреля 2016 г.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций, кандидат химических наук, доцент



О. Ф. Краецкая

© Пехота А. Н., 2016

© Белорусский национальный технический университет, 2016

Введение

К приоритетным задачам стратегии устойчивого развития современного общества относятся энерго- и ресурсосбережение. Стратегической целью деятельности Республики Беларусь в области энергосбережения являются снижение энергоемкости ВВП и увеличение доли местных топливно-энергетических ресурсов в общем балансе. В этих условиях расширение использования вторичных энергоресурсов, отходов производства, а также нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на всех уровнях хозяйствования приобретает особую актуальность.

Традиционно в нашей стране уделяется большое внимание развитию нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, что требует содержания и эксплуатации складов хранения нефтепродуктов, котельных резервуарных парков. Это неизбежно приводит к повсеместному образованию технологических нефтесодержащих отходов, вязкие фракции которых из-за отсутствия доступных технологий приходится в большинстве случаев складировать. Объем таких образований только за последние пять лет превысил 1170 тыс. т.

Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленности являются важными и перспективными отраслями нашей страны. По мере роста лесозаготовительного производства и расширения деревообработки увеличиваются объемы древесных отходов. Одним из экономически эффективных способов их утилизации является получение твердого топлива (пеллеты, брикеты и т. п.). Однако применение традиционных технологий по разным причинам позволяет использовать только 40–50 % образующихся древесных отходов.

Большинство используемых отечественных и зарубежных технологий для переработки нефтесодержащих и древесных отходов в топливо, как правило, требуют дополнительных операций подготовки сырья, а получаемые новые виды топлива необходимо сжигать в специальном энергетическом оборудовании, что в конечном итоге не всегда экономически выгодно. Поэтому увеличивающийся объем промышленных отходов недостаточно обеспечен доступными технологиями, адаптированными под технологический спектр нефтесодержащих отходов, образующихся на предприятиях. В то же время использование нефтесодержащих и древесных отходов позволяет получить значительный энергетический эффект. Так, только подтвержденный энергетический ресурс нефтесодержащих отходов, ежегодно накапливающихся в количестве не менее 20 тыс. т, составляет более 300 тыс. ГДж, а неиспользуемые древесные отходы дают возможность дополнительно получить не менее 2 млн м³ древесного топлива.

Таким образом, для решения проблем использования древесных и вязких нефтесодержащих отходов, не нашедших технологического применения, весьма актуальной является разработка технологии получения многокомпонентного топлива на основе древесных отходов с использованием в качестве связующего вязких нефтесодержащих отходов. Это имеет научную новизну и важное практическое значение для увеличения доли местных топливно-энергетических ресурсов, создания стабильной сырьевой базы для энергетических установок.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, проектами и темами

Научные исследования по теме диссертации проводились в соответствии с заданием № 69 (№ гос. рег. ГБ14-130) ГРНИ «Разработка научно-технических принципов, методологии определения комплексных теплофизических характеристик материалов, проектно-нормативной документации с целью создания эффективных ограждающих конструкций различного назначения с заданными свойствами, обеспечивающими их ресурсо- и энергосберегающие качества при изготовлении и эксплуатации».

Тема диссертации соответствует целям и задачам ряда республиканских программ в области энергетики и энергосбережения: Основным направлениям энергоэффективной политики Республики Беларусь на 2001–2005 гг. и на период до 2015 г., утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1667 от 27.10.2000, Перечню проектных направлений фундаментальных, прикладных и научных исследований по разделу «Энергообеспечение, энергосбережение, энергоэффективные технологии», утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 585 от 19.04.2010, Республиканской программе энергосбережения на 2011–2015 гг., утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1882 от 24.12.2010.

Цель и задачи исследования

Цель исследования – разработать многокомпонентное твердое топливо на основе древесных и вязких нефтесодержащих отходов, технологию и оборудование для его получения с последующим внедрением в производство.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решались следующие задачи:

- провести анализ структуры образования в Республике Беларусь нефтесодержащих и древесных отходов, пригодных для получения твердого топлива, и провести сравнительный анализ методов, эффективных технологий и средств их переработки;
- разработать многокомпонентное твердое котельно-печное топливо, включающее нефтесодержащие отходы в качестве связующего, с оптимальным компонентным составом, допускающим его сжигание в котлоагрегатах со слоевыми топками;
- создать опытную установку для производства многокомпонентного твердого котельно-печного топлива и установить зависимость ее производительности от долей компонентного состава топлива и влажности прессуемой смеси;

– исследовать физико-химические характеристики разработанного топлива, определить технические условия его применения в энергетических установках и провести эколого-экономическую оценку разработанной технологии получения многокомпонентного твердого топлива;

– разработать технологию получения многокомпонентного твердого топлива и внедрить ее в производство.

Объект и предмет исследования

Объект исследования – вязкие нефтесодержащие (углеводородсодержащие нефтешламы, отработанные нефтепродукты) и древесные отходы.

Предметом исследования является технология получения (производства) многокомпонентного твердого топлива на основе древесных и вязких нефтесодержащих отходов.

Научная новизна:

– в результате основанного на теории планирования эксперимента исследования процесса брикетирования смеси древесных отходов и нефтешламов установлено, что при получении разработанного многокомпонентного твердого топлива производительность модернизированного шнекового пресса при формовании брикетов в диапазоне изменения влажности пресуемой смеси от 30 до 50 % достигает максимального значения при влажности формуемой смеси, равной $43,4 \pm 0,9$ %, в диапазоне изменения доли нефтешламов от 10 до 30 %;

– в результате математического моделирования процесса распространения выбросов оксидов азота, диоксида серы, монооксида углерода и твердых частиц при сжигании разработанного топлива в котлоагрегатах со слоевыми топками и нахождения аналитических зависимостей максимальной приземной безразмерной концентрации выбросов от доли нефтесодержащей компоненты в брикетах установлено, что кривая зависимости для двухкомпонентного твердого топлива имеет минимум;

– в выборе при производстве брикетов многокомпонентного твердого топлива параметров технологии на основании решения задачи нахождения максимальной производительности модернизированного шнекового пресса с использованием найденного уравнения регрессии в качестве целевой функции и зависимости максимальной приземной безразмерной концентрации выбросов от доли нефтесодержащего компонента в брикетах в качестве ограничения по экологическим требованиям до уровня максимальной приземной безразмерной концентрации в диапазоне от 0,9 до 1,0;

– показано, что в отличие от существующих традиционных технологий брикетирования разработанная технология получения многокомпонентного твердого котельно-печного топлива обеспечивает более высокую пожаро-безопасность и экономичность за счет замены в технологической схеме брикетирования процесса сушки формируемой смеси на процесс сушки сфор-

мированных брикетов при температуре 110–60 °С и нахождения оптимального состава многокомпонентного твердого топлива;

– в разработке нового вида топлива на основе нефтешламных отходов с теплотой сгорания не менее 18 МДж/кг при доле нефтешламов от 22 до 27 % в брикете, удовлетворяющего экологическим требованиям при сжигании в слоевых топках.

Положения диссертационной работы, выносимые на защиту:

– результаты основанного на теории планирования эксперимента исследования процесса брикетирования смеси древесных отходов и нефтешламов, позволившие установить, что при получении разработанного многокомпонентного твердого топлива производительность модернизированного шнекового пресса при формовании брикетов в диапазоне изменения влажности пресуемой смеси от 30 до 50 % достигает максимального значения при влажности формуемой смеси, равной $43,4 \pm 0,9$ %, в диапазоне изменения доли нефтешламов от 10 до 30 %;

– результаты математического моделирования процесса распространения выбросов оксидов азота, диоксида серы, монооксида углерода и твердых частиц при сжигании разработанного топлива в котлоагрегатах со слоевыми топками котельной и нахождения аналитических зависимостей максимальной безразмерной концентрации q выбросов от доли x нефтесодержащей компоненты в брикетах, позволившие установить, что кривая зависимости $q(x)$ для двухкомпонентного твердого топлива имеет минимум;

– метод выбора при производстве брикетов разработанного многокомпонентного твердого топлива параметров технологии на основании решения задачи максимизации производительности модернизированного шнекового пресса с использованием найденного уравнения регрессии в качестве целевой функции и зависимости максимальной безразмерной концентрации выбросов от доли нефтесодержащего компонента в брикетах в качестве ограничения по экологическим требованиям до уровня максимальной безразмерной концентрации в диапазоне от 0,9 до 1,0;

– разработанная технология получения многокомпонентного твердого котельно-печного топлива, которая в отличие от существующих традиционных технологий брикетирования обеспечивает более высокую пожаробезопасность и экономичность за счет замены в технологической схеме брикетирования процесса сушки при подготовке и формировании топлив на процесс сушки уже сформированных брикетов при температуре 110–60°С.

Личный вклад соискателя

Соискатель ученой степени принимал участие в получении всех научных результатов, представленных в диссертации, совместно с руководителем работы академиком НАН Беларуси, д-ром техн. наук, профессором Б. М. Хрустальевым выбрано научное направление и определены задачи ис-

следования, разработаны составы и способ получения многокомпонентного твердого топлива, проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, внедрены результаты в производство.

Соискателем разработана опытно-промышленная установка и устройства реализации технологии получения многокомпонентного твердого топлива на основе нефтедревесных отходов, выполнено планирование эксперимента, проведены экспериментальные исследования и обработка опытных данных с использованием компьютерных программ, по результатам теоретических и экспериментальных исследований получены математические зависимости для расчетов оптимальных режимов и составов ТТМ, методика, позволяющая рассчитывать доли его компонентного состава, удовлетворяющего индивидуальным особенностям оборудования котельной и экологическим требованиям, предъявляемым к его работе. Составы и способ получения разработанного топлива и защищены патентами. Произведен экономический расчет себестоимости производства многокомпонентного топлива.

Аналитические исследования выбросов от сжигаемого топлива выполнялись совместно с канд. тех. наук Ю. А. Пшеничным.

Апробация результатов диссертационной работы

Результаты работы доложены и обсуждены на следующих конференциях и семинарах: Международной научно-практической конференции «Проблемы безопасности на транспорте» (секция «Энергетическая и экологическая безопасность транспорта») (Гомель, 2012), 11-й и 12-й международных научно-технических конференциях (Минск, 2013 и 2014), IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa “Społeczeństwo i gospodarka wobec wyzwań XXI wieku. Nauka na rzecz społeczeństwa i biznesu” (Польша, Белостокский государственный политехнический университет, 2014), Международной научной конференции «Технология строительства и реконструкции» (Минск, 2015).

Опубликованность результатов диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы в 16 научных работах, в том числе в пяти статьях в рецензируемых журналах, включенных в Перечень ВАК Республики Беларусь, восьми материалах конференций и тезисов докладов, трех патентах Республики Беларусь на изобретения.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Полный объем диссертации – 149 страниц, в том числе: рисунков – 35, таблиц – 14, приложений – 7. Список используемых источников состоит из 104 наименований, включая 16 авторских работ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена анализу литературных сведений об образовании и утилизации нефтесодержащих (углеводородных) и древесных отходов. Отмечен большой вклад в разработку технологических процессов и решений данной проблемы исследования, который внесли отечественные и зарубежные ученые.

Обоснована научно-техническая проблема, определившая актуальность исследования. Показано, что существующие подходы не позволяют решить все проблемы утилизации нефтесодержащих и древесных отходов. При этом одним из эффективных способов утилизации этих отходов является сжигание, но для реализации процесса требуется использование дорогостоящего, как правило, импортного оборудования. Кроме того, на сегодняшнее время для реализации процесса утилизации нефтесодержащих отходов используются только жидкие фракции с минимальным содержанием примесей и воды, а для получения древесного твердого топлива используются древесные отходы с минимальным содержанием влаги, определенных пород древесины и не допускается включение коры, листвы и других примесей более 1 %. Сравнительный анализ существующих методов, технологий и средств переработки нефтесодержащих и древесных отходов, предназначенных для получения твердого топлива, выявил ряд недостатков: высокие требования к фракционному составу, сложность и пожароопасность технологических решений, высокие энергетические затраты при их реализации, жесткие требования к используемым производственным отходам, дороговизну, сложность обслуживания и ремонта импортного технологического оборудования.

Кроме того, анализ статистических данных по образованию и использованию исследуемых отходов на территории Беларуси с 2008 по 2014 г. показал, что отношение использованных отходов к образовавшимся (коэффициент R) в последние четыре года не превышает значения 0,5 и имеет общую тенденцию к снижению. Наличие больших объемов накопленных отходов, не нашедших технологического применения, длительно хранящихся, перувлажненных и засоренных, требует получения экспериментальных данных для прогнозирования, разработки путей их рационального использования, что в конечном итоге решает многие экологические и экономические проблемы. Поскольку данные отходы являются углеродсодержащими (УВС) веществами и обладают значительным энергообразующим потенциалом, задача их применения для получения местного возобновляемого топлива представляется чрезвычайно важной. Географическая разбросанность и многочисленность источников УВС-отходов обуславливает необходимость создания малогабаритных и мобильных средств их переработки с целью получения топлива.

На основании проведенного анализа и в соответствии с определенными негативными факторами были сформулированы цель, основные направления и задачи диссертационной работы.

Во второй главе описаны методика проведения исследований и экспериментальная установка.

Цель проведения эксперимента – решение задач описания общих закономерностей процесса, протекающего в установке при получении многокомпонентное твердого топлива (МТТ), и оптимизации режима работы установки по производству этого топлива, позволяющего получать максимальное его количество в единицу времени заданного качества при соблюдении регламентируемых требований к выбросам вредных веществ, образующихся при его сжигании.

Решение первой задачи связано с построением математической модели протекающего в установке технологического процесса. В диссертации, в силу сложности и неизученности этого процесса, математическую модель строили на основе опытов. Один из наиболее эффективных методов реализации данной научной задачи заключается в привлечении теории планирования эксперимента. Цель планирования эксперимента – нахождение таких условий и правил проведения опытов, которые позволяют получить надежную и достоверную информацию об объекте с минимальными затратами труда, а также представить данную информацию в компактной форме с количественной оценкой точности. При этом достигается максимальная точность измерений при минимальном количестве проведенных опытов и сохранении статистической достоверности результатов.

Предварительные опыты на установке для получения МТТ показали, что на производительность P установки, т. е. на массу изготовленных брикетов в единицу времени, наибольшее влияние оказывает массовая влажность смеси w и доля x нефтесодержащих веществ в формуемой смеси. Давление p прессования и температура T сырья во время эксперимента не изменялись.

Таким образом, анализ предварительной (априорной) информации позволил выявить входные и выходные параметры основного эксперимента.

Входными параметрами (факторами) приняты влажность смеси w и доля x нефтесодержащих веществ в смеси, а выходным параметром (откликом системы) – производительность P установки, измеряемая в кг/ч. Производительность P одновременно является и параметром оптимизации процесса в установке.

При используемом подходе моделируется внешнее функционирование установки по принципу «черного ящика» (рисунок 1).

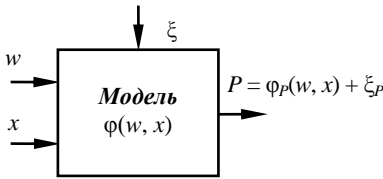


Рисунок 1. – Кибернетическое представление эксперимента

Математическая модель исследуемой системы формировалась по результатам эксперимента методом регрессионного анализа.

Количество факторов принималось равным 2 (двумерное факторное пространство). Для выбранных факторов была задана их область определения – совокупность значений, которые может принимать данный фактор. Важно, что массовая влажность w и доля x являются однозначно управляемыми и операциональными, т. е. регулируемыми в течение всего опыта факторами. Количество опытов N по плану определяется по формуле $N = n^k$, где n – число уровней (фиксированных значений фактора относительно начала его отсчета); k – число факторов.

В результате обработки экспериментальных данных определены дисперсия выходного параметра P , среднеквадратичные ошибки, доверительные интервалы, значение критерия Фишера F_p . Из результата сравнения значения F_p и табличного значения критерия Фишера F_t при 5%-м уровне значимости, числе степеней свободы $f = 4$ следует, что представленная модель адекватна изучаемому процессу.

В уравнении регрессии

$$P = b_0 + b_{1z_w} z_w + b_{2z_x} z_x + b_{12z_w z_x} z_w z_x + b_{21z_w^2} z_w^2 + b_{22z_x^2} z_x^2, \quad (1)$$

где $b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{21}$ и b_{22} – коэффициенты полинома при степенях z_w и z_x , произведена замена безразмерных факторов z_w и z_x исходными физическими величинами w и x . Преобразованное уравнение регрессии приобрело вид

$$I(w, x) = \beta_0 + \beta_1 w + \beta_2 x + \beta_{12} w x + \beta_{21} w^2 + \beta_{22} x^2, \quad (2)$$

где $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_{12}, \beta_{21}$ и β_{22} – коэффициенты полинома при степенях w и x ,

$$\beta_0 = b_0 - \frac{b_1 w_0}{\Delta w} - \frac{b_2 x_0}{\Delta x} + \frac{b_{12} w_0 x_0}{\Delta w \Delta x} + \frac{b_{21} w_0^2}{\Delta w^2} + \frac{b_{22} x_0^2}{\Delta x^2}; \quad \beta_1 = \frac{b_1}{\Delta w} - \frac{b_{12} x_0}{\Delta w \Delta x} - \frac{2b_{21} w_0}{\Delta w^2};$$

$$\beta_2 = \frac{b_2}{\Delta x} - \frac{b_{12} w_0}{\Delta w \Delta x} - \frac{2b_{22} x_0}{\Delta x^2}; \quad \beta_{12} = \frac{b_{12}}{\Delta w \Delta x}; \quad \beta_{21} = \frac{b_{21}}{\Delta w^2}; \quad \beta_{22} = \frac{b_{22}}{\Delta x^2}.$$

Уравнение регрессии на основе проведенных экспериментов получено в виде

$$P(w, x) = -96 + 0,50 \cdot 10^2 w + 21,8x + 44,9wx - 0,59 \cdot 10^2 w^2 - 58x^2. \quad (3)$$

Зависимости производительности P установки, рассчитанной после сушки брикета до влажности $w = 0,1$ от доли x нефтешламов и влажности w в прессуемой смеси показаны на рисунке 2.

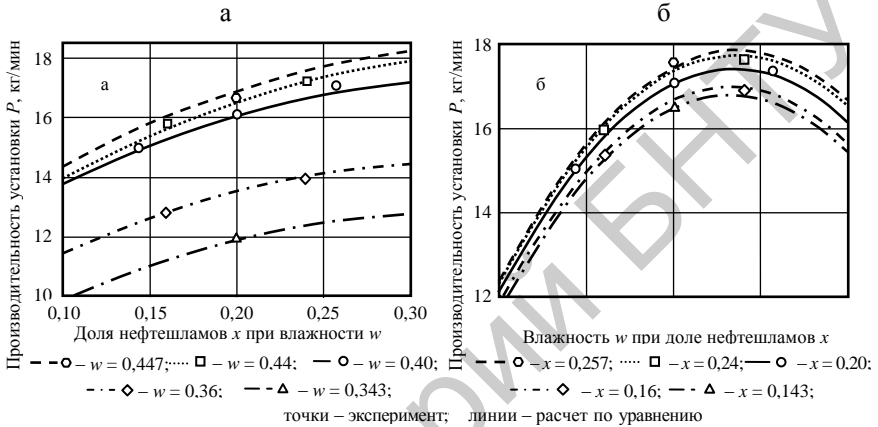


Рисунок 2. – Сравнение расчетных и экспериментальных данных для зависимости производительности от влажности (а) и доли нефтепродуктов (б)

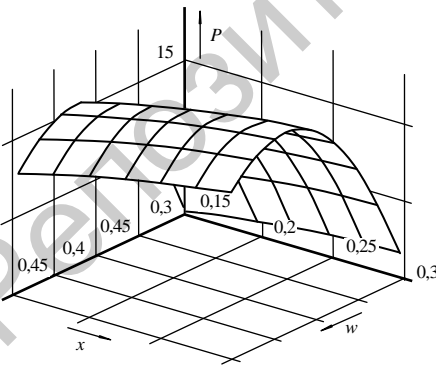


Рисунок 3. – Зависимость производительности P от влажности w и доли нефтешламов x в трехмерной системе координат

Согласно построенным зависимостям с ростом доли x нефтешламов в прессуемой смеси производительность P установки увеличивается, с увеличением влажности w прессуемой смеси в диапазоне от $w = 0,30$ до $w = 0,45$ также возрастает, а от $w = 0,45$ до $w = 0,60$ – уменьшается.

На рисунке 3 представлена зависимость P от влажности w и доли нефтешламов x согласно уравнению регрессии (3) в виде поверхности в трехмерной системе координат.

В третьей главе приведены результаты математического моделирования распространения выбросов при сжигании многокомпонентного твердого топлива. В результате проведения экспериментального исследования процесса брикетирования получено уравнение регрессии и установлено, что производительность этого процесса достигает максимального значения при влажности поступающей в шнековый пресс смеси $43,4 \pm 0,9\%$ в диапазоне изменения доли нефтешламов в ней от 10 до 30%. В то же время с ростом доли нефтешламов в сформированном брикете увеличивается по линейному закону прямо пропорционально теплота его сгорания. Однако с повышением доли нефтешламов в брикете при его сжигании растет количество выбросов вредных веществ. Поэтому в третьей главе определено влияние доли нефтешламов в брикете на построение модели распространения выбросов при сжигании многокомпонентного топлива из одиночного источника с целью установления величины доли нефтешламов, которая учитывает экологические требования.

Построение модели сжигания основывается на методиках, изложенных в ТКП 17.08–01–2006 (02120). Изменение № 1. и ОНД-86 и позволяет рассчитывать доли многокомпонентного состава ТТМ, удовлетворяющие индивидуальным особенностям оборудования котельных и экологическим требованиям, предъявляемым к его работе.

Зависимость для максимальной безразмерной концентрации q выбросов в атмосферу при сжигании двухкомпонентного твердого топлива получена в виде [5]

$$q(x_1) = \frac{0,1354AF_M nm \eta N}{H^2 \sqrt[3]{\alpha V_0 T_g N [Q_1 x_1 + Q_2 (1 - x_1)]^2 \eta_k^2 \Delta T}} \times \\ \times [(q_1(x_1) + q_{12}(x_1)) + q_2(x_1) + q_3(x_1) + q_4(x_1)], \quad (4)$$

где $q_1(x_1)$ – функции, учитывающие выброс оксида азота,

$$q_1(x_1) = \frac{\beta_p}{C_{uNO_2}} \left(1 - \frac{q_{41}}{100}\right) x_1 Q_1 \left[H_{1,T} K_{1,T} \alpha_T \sqrt{\left(1 - \frac{q_{41}}{100}\right) \frac{100N}{[Q_1 x_1 + Q_2 (1 - x_1)] \eta_k} x_1 Q_1^3} \right] + \\ + \frac{\beta_p}{C_{uNO_2}} (1 - x_1) Q_2 \left[H_{2,T} K_{2,T} \alpha_T \sqrt{\frac{100N}{[Q_1 x_1 + Q_2 (1 - x_1)] \eta_k} (1 - x_1) Q_2^3} \right];$$

$q_2(x_1)$ – функция, учитывающая выброс диоксида серы,

$$q_2(x_1) = \frac{20000}{C_{uSO_2}} [x_1 S_{1,r} + (1 - x_1) S_{2,r}] (1 - \eta_{s_1}) (1 - \eta_{s_2});$$

$q_3(x_1)$ – функция, учитывающая выброс монооксида углерода,

$$q_3(x_1) = \frac{x_1 C_{1,\text{CO}} + (1-x_1) C_{2,\text{CO}}}{C_{u\text{CO}}};$$

$q_4(x_1)$ – функция, учитывающая выброс твердых частиц,

$$q_4(x_1) = \frac{10000}{C_{uPM}} \left[x_1 (1 - \eta_{1,c}) \left(\alpha_{1,ab} A_r + q_{1,ab} \frac{Q_1}{\tau} \right) \right] + \\ + \frac{10000}{C_{uPM}} \left[(1-x_1) (1 - \eta_{2,c}) \left(\alpha_{2,ab} A_r + q_{2,ab} \frac{Q_2}{\tau} \right) \right],$$

τ – безразмерная константа, $\tau = 32,68$.

Полученные зависимости максимальной безразмерной концентрации q вредных выбросов от доли первого компонента брикета

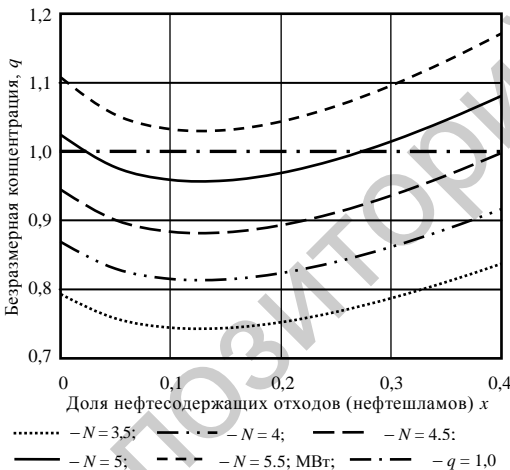


Рисунок 4. – Зависимость концентрации q от доли нефтесодержащих отходов x при различной мощности N котельной

топлива. Оценка энергетической ценности топлива связана с определением его эксергии, которая имеет три составляющие:

$$e = e_{pT} + e_r + e_k, \quad (5)$$

где e_{pT} , e_r , e_k , МДж/кг, – термомеханическая, реакционная и концентрационная составляющие эксергии потока топлива соответственно.

Составляющие эксергии определяются по формулам:

представлены на рисунке 4. Определена доля нефтесодержащих отходов x , при которой максимальная безразмерная концентрация q вредных выбросов при сжигании МТГ минимальна. Например, доля x в рабочей массе топлива относительно содержания второго компонента (опилок), при котором $q \leq 1$, при $N = 17$ МТГ допускается в диапазоне от 0,03 до 0,28.

Выполнен термодинамический анализ технологического процесса получения

$$e_{pT} = \sum_{i=1}^J \omega_j \left(\int_{T_0}^T c_{pj}(T) dT - T_0 \int_{T_0}^T \frac{c_{pj}(T)}{T} dT \right), \quad (6)$$

где ω_j – массовые доли компонентов МТТ; J – количество его компонентов; $c_{pj}(T)$ – удельные массовые, изобарные теплоемкости компонентов в интервале температур $T_0 - T$, МДж/(кг·К); T_0 и T – температура окружающей среды и МТТ соответственно, К.

Химическая составляющая эскергии

$$e_r = \sum_{i=1}^J \omega_j e_{\mu,j}, \quad (7)$$

где $e_{\mu,j}$ – удельные массовые химические составляющие эскергии компонентов МТТ, например древесные и нефтесодержащие отходы.

Химическая составляющая эскергии МТТ рассчитывается по приближенным соотношениям. Для твердых топлив

$$e_{\mu} = Q_{\text{в}}(1 - w), \quad (8)$$

Получены зависимости эскергии МТТ от доли нефтесодержащих компонентов (нефтешламов) при различной влажности (рисунок 5).

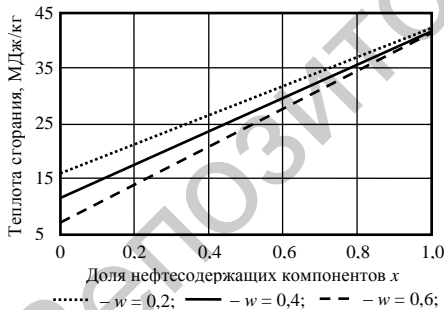


Рисунок 5. – Изменение эскергии МТТ в зависимости от влажности w и доли нефтешламов x

Концентрационной составляющей эскергии многокомпонентного твердого топлива можно пренебречь, поскольку ее величина находится в пределах погрешности определения химической составляющей эскергии топлива [2].

Высшая теплота сгорания древесины $Q_{\text{в}}$, МДж/кг, на рабочую массу определена из соотношений:

$$Q_{\text{н}} = 18,423 - 20,935w, \quad (9)$$

где w – влажность древесины на рабочую массу, $w = 0,20-0,6$,

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{н}} + 2,442[8,936H_2(1 - w)], \quad (10)$$

где H_2 – доля водорода в древесине на сухую массу, $H_2 = 0,06-0,065$ – в древесине, $0,059-0,084$ – в коре.

Теплота сгорания нефтешламов, высшая на рабочую массу, принята равной 42 МДж/кг.

Четвертая глава посвящена исследованиям и разработке технологического процесса производства МТТ, его составов. Приведены результаты исследований свойств различных составов топлива и испытаний, показаны оптимальные условия хранения, транспортировки многокомпонентного твердого топлива.

Предложены изменение и совершенствование технологических схем процессов производства твердого топлива методом брикетирования.

Реализуемая схема существующих процессов брикетирования состоит из операций, представленных на рисунке 6.

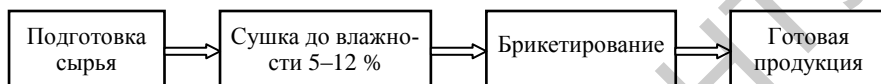


Рисунок 6. – Последовательность операций при традиционном способе брикетирования

Недостатком данной схемы, ограничивающей ее применение при переработке нефтесодержащих отходов, является использование нагревательных элементов, поддерживающих температуру 220–260 °С, необходимую для спекания смолы и лигнина, выделяемых при брикетировании древесных опилок под создаваемым прессом давлением.

С целью брикетирования нефтесодержащих и древесных отходов при производстве многокомпонентного твердого топлива предложена схема последовательности операций, представленная на рисунке 7.

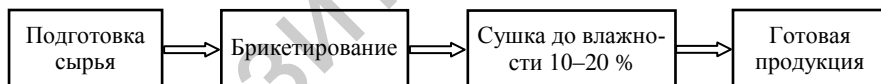


Рисунок 7. – Последовательность операций при предложенном способе брикетирования

Преимуществом такой схемы является исключение возможности самовоспламенения нефтесодержащих отходов при брикетировании топлива за счет отсутствия необходимости нагрева формуемой смеси. Сушку сформованного топлива производят в сушильных камерах при температуре от 110 °С с понижением до 60 °С, а в теплое время года под навесами – при температурах наружного воздуха.

Технология брикетирования многокомпонентного твердого топлива основана на разработанном способе получения твердого многокомпонентного топлива (патент Республики Беларусь на изобретение № 18408) [12].

Экспериментальные исследования выполнялись на созданной опытно-промышленной установке (рисунок 8).

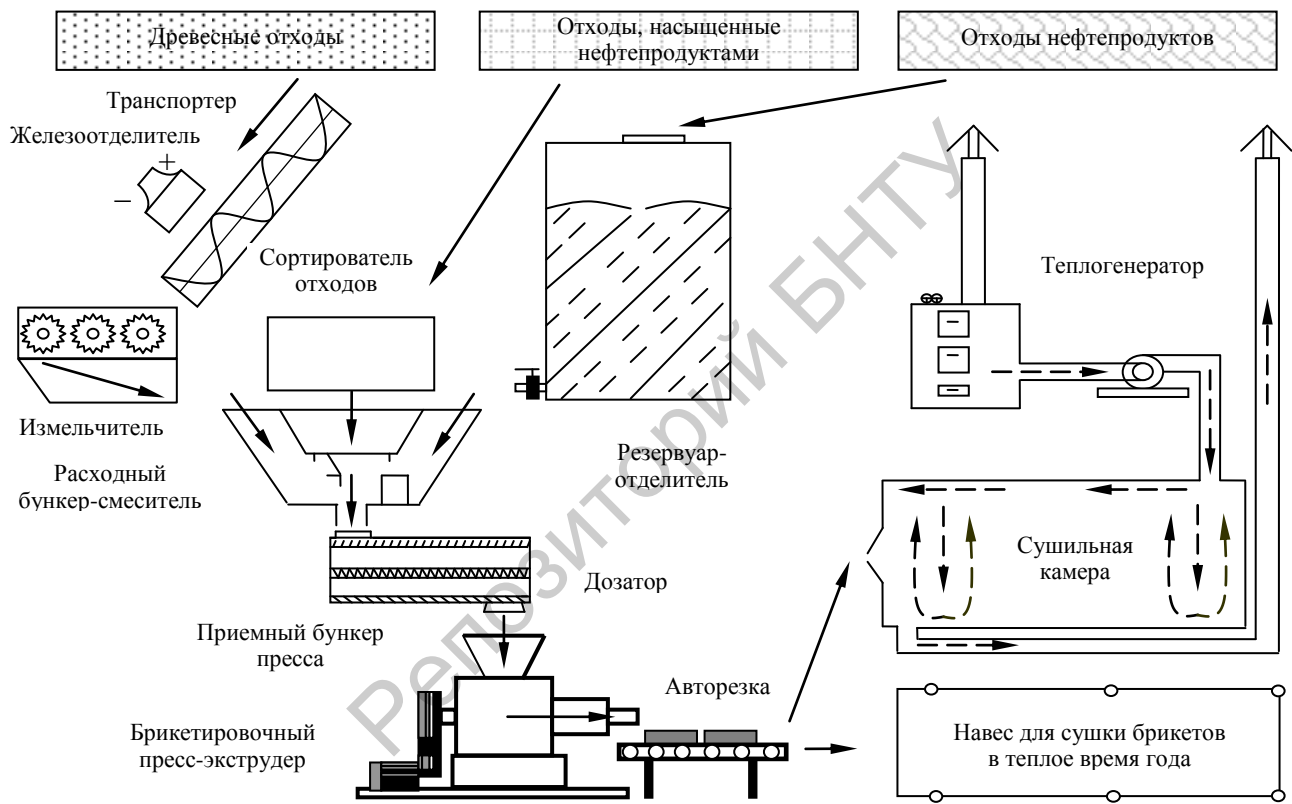


Рисунок 8. – Схема опытно-промышленной установки

Размеры и внешний вид образцов МТТ показаны на рисунке 9.

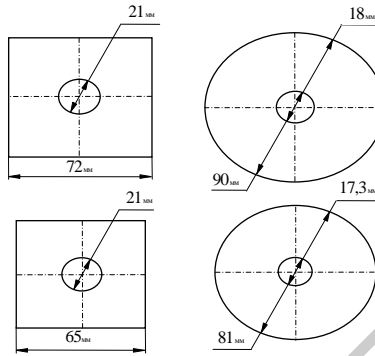


Рисунок 9 – Размеры сформованных и высушенных брикетов многокомпонентного твердого топлива различной формы и внешний вид брикета квадратной формы

Исследовано влияние геометрической формы брикетов на производительность установки.

На основании полученных результатов теоретических и практических исследований и в соответствии с техническими нормативно-правовыми актами разработаны ТУ ВУ 490319372.001–2005, прошедшие согласование в установленном законодательством порядке. Изготовленные промышленные партии в соответствии с ТУ прошли испытания с участием представителей Гомельского областного управления по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов, предприятий КУП «Речицаводоканал» и ОДО «ТеплоБел» с целью оценки качественных показателей хранения, транспортировки, сжигания МТТ.

Анализ зольности, влаги, теплоты сгорания, содержания серы в процессе проведения испытаний с целью определения и контроля статистически достоверных результатов проводился в лабораториях на образцах с применением идентичных методов.

Межлабораторные исследования проб выполнялись в соответствии с ГОСТ 27314, ГОСТ 11022, ГОСТ 8606 и ГОСТ 147 с участием аккредитованной территориальной лаборатории (Аттестат № ВУ/112.02.1.00432) с составлением актов отбора проб, актов приемки и протоколов испытаний.

Масса твердого топлива, поступающего в котельную, определялась методом взвешивания. Топливо поступало партиями по 0,7–8,0 т, упаковывалось по ГОСТ 2226 и ГОСТ 10354 в мешки с различной толщиной пленки, а также россыпью и в контейнерах типа биг-бэг.

Результаты испытаний показали, что транспортировка россыпью обеспечивает максимальную гибкость логистических операций при минимальных затратах с использованием самосвальных транспортных средств, обеспечивающих быструю разгрузку и оборачиваемость транспорта. Места погрузки-выгрузки должны быть оборудованы навесами, препятствующими затеканию дождевых осадков.

Как показала практика, упаковка в контейнеры биг-бэг удобна при транспортировке, обеспечивает защиту топлива от внешних воздействий и позволяет использовать простые технические средства при погрузочно-разгрузочных работах (кран, кран-балка, автопогрузчик, манипулятор). Складирование контейнеров в штабель не должно превышать три ряда.

Упаковка в мешки относится к мелкой расфасовке и более трудоемка в сравнении с другими ее видами. Максимальная масса упаковки в полиэтиленовые мешки составляет 35 кг, в бумажные – 20 кг.

Возможность использования МТТ, произведенного с изменениями в соответствии с назначением пригодности для сжигания в бытовых топках, котлах и промышленных котельных, согласована с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Разработаны составы МТТ четырех марок, которые прошли государственную регистрацию в государственном центре каталогизации продукции и допущены к реализации потребителям. Технологическая схема получения МТТ на основе нефтешламов, смеси отработанных нефтепродуктов, донных отложений мазутных резервуаров и древесных отходов внедрена на предприятии ОДО «ТеплоБел». Разработанный способ позволил утилизировать производственные отходы, образующиеся на предприятиях и не нашедшие технологического применения, что дало возможность осуществить рециклинг более 120 т нефтесодержащих отходов на предприятиях ОАО «Гомель-древ» при строительстве завода по производству плиты МДФ/ХДФ, ОАО «Птицефабрика Рассвет», РДУП «Гомельский завод «Эталон», ОАО «Гомельский ДСК».

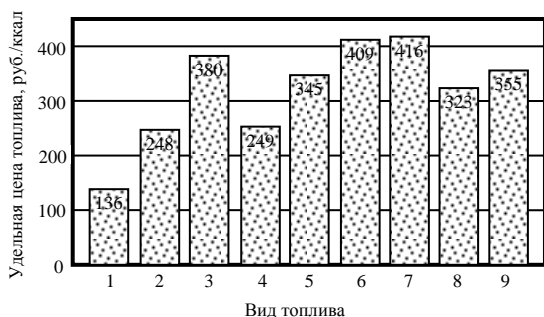
Анализ по определению теплотворной способности, зольности, содержания серы, влажности и других компонентов опытной партии МТТ из отходов, образующихся на предприятии, показал, что оно соответствует действующим стандартам.

В **пятой главе** выполнен технико-экономический анализ процесса получения МТТ в предлагаемой технологической схеме, включающей расчет себестоимости производства МТТ с использованием нефтешламов и древесных отходов в соответствии с регламентом ТУ ВУ 490319372.001–2005.

Исходные характеристики состава сырья для производства МТТ «Марка-2» приняты: массовая доля древесных опилок – 75 %; нефтешламов – 25 %; влажность спрессованных топливных брикетов: после прессования – 42 %; после сушки – 15 %.

Производительность установки – 7 т в смену; потребляемая электрическая мощность установкой – 31 кВт. Месячный полезный выпуск топливных брикетов при двухсменном режиме работы составляет 249,9 т, капитальные затраты – 827 614 тыс. руб.

В результате технико-экономических расчетов были определены: себестоимость топливных брикетов – 471,6 тыс. руб./т, отпускная цена упакованных топливных брикетов – 590 тыс. руб./т, период возврата капитальных затрат – 28 месяцев при двухсменном режиме работы. Экономическое преимущество производства МТТ связано с тем, что собственник нефтесодержащих отходов может компенсировать часть стоимости производства топлива. Это позволит существенно уменьшить стоимость конечной продукции. Сравнение удельных цен ТТМ и различных видов топлива представлено на рисунке 10.



- 1 – МТТ «Марка-2» при $W = 15\%$;
 2 – Дрова поленик (кругляк), при $W = 15\%$;
 3 – Дрова колотые, при $W = 15\%$;
 4 – Торфобрикет, при W не более 16% ;
 5 – Топливный брикет типа *RUF*, при $W = 12\%$;
 6 – Топливный брикет типа *PINY KEY* при $W = 9\%$;
 7 – Топливные гранулы, при $W = 7.7\%$;
 8 – Уголь бурый марки Б-2;
 9 – Уголь антрацит марки АМ

Рисунок 10. – Сравнение удельных цен ГТМ и различных видов топлива

Такое топливо имеет и социальную значимость, что выражается в снижении затрат государства при его использовании на объектах социального значения, например, при генерации теплоты в котельных, в частности, системы жилищно-коммунального хозяйства.

Таким образом, внедрение разработанных технологий производства МТТ и составов топлива позволяет сократить энергетические затраты предприятий, потребляющих твердое топливо, увеличить долю МВТ в энергетическом балансе региона, а также улучшить экологическую обстановку

за счет снижения объемов отходов производства и обеспечить экономию природных ресурсов.

Серийное изготовление отечественных установок и их размещение в регионах Республики Беларусь создаст условия, при которых экономятся валютные средства и создаются дополнительные рабочие места, что приобретает особое значение в современных экономических условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. В результате основанного на теории планирования эксперимента исследования процесса брикетирования смеси древесных отходов и нефтешламов найдено уравнение регрессии и установлено, что при получении разработанного многокомпонентного твердого топлива производительность модернизированного шнекового пресса при формовании брикетов в диапазоне изменения влажности прессуемой смеси от 30 до 50 % достигает максимального значения при влажности формуемой смеси, равной $43,4 \pm 0,9$ %, в диапазоне изменения доли нефтешламов от 10 до 30 % [8, 9, 12, 14–16].

2. В результате математического моделирования процесса распространения выбросов оксидов азота, диоксида серы, монооксида углерода и твердых частиц при сжигании разработанного топлива в котлоагрегатах со слоевыми топками и нахождения аналитических зависимостей максимальной безразмерной концентрации q выбросов от доли x нефтесодержащей компоненты в брикетах установлено, что кривая зависимости $q(x)$ для двухкомпонентного твердого топлива имеет минимум [4, 7, 10].

3. Получено решение задачи максимизации производительности модернизированного шнекового пресса с использованием найденного уравнения регрессии в качестве целевой функции и зависимости максимальной безразмерной концентрации выбросов от доли нефтесодержащей компоненты в брикетах в качестве ограничения по экологическим требованиям уровня максимальной безразмерной концентрации в диапазоне от 0,9 до 1,0 [4, 9, 12, 13].

4. Показано, что в отличие от существующих традиционных технологий брикетирования разработанная технология получения многокомпонентного твердого котельно-печного топлива обеспечивает более высокую пожаро-безопасность и экономичность за счет замены в технологической схеме брикетирования процесса сушки при подготовке и формировании топлив на процесс сушки уже сформированных брикетов при температуре 110–60 °С [1, 3, 5, 6, 11].

5. Установлена зависимость эксергии многокомпонентного твердого котельно-печного топлива от его влажности и доли нефтешламов [2, 4, 9].

Практические рекомендации

Результаты проведенных исследований, подтвержденные патентами на изобретения и актами внедрения, позволили сформулировать следующие практические рекомендации.

1. По результатам исследований разработаны и согласованы в установленном порядке ТУ ВУ 4903319372.001–2005 «Топливо твердое многокомпонентное. Технические условия», изменения № 1 от 01.02.2009 и № 2 от 05.03.2014 [17].

2. Разработаны составы МТТ, защищенные патентами Республики Беларусь на изобретения № 18130, 18408, 18463 [14–16].

3. Исследован и осуществлен обоснованный выбор способа получения МТТ с эффективной последовательностью технологических процессов и оптимальным многокомпонентным составом [1, 2, 4, 8–10, 14].

4. Разработаны и внедрены промышленная установка производительностью 1 т/ч по готовым брикетам в ОДО «ТеплоБел» и малогабаритная установка производительностью 350 кг/ч [1, 3, 6, 7, 13].

5. Обоснована экономическая эффективность внедрения разработанной технологии и составов, позволяющая создать новое, окупаемое до 28 месяцев производство топлива [2, 4, 5, 8, 11].

6. Результаты исследований используются для переработки нефтесодержащих отходов, не нашедших технологического применения, в количестве более 120 т на предприятиях: заводе по производству плиты МДФ/ХДФ ОАО «Гомельдрев», РДУП «Гомельский завод «Эталон», ОАО «Птицефабрика Рассвет», ОАО «Гомельский ДСК» [7, 10–12].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в изданиях согласно перечню ВАК

1. Пехота, А. Н. Многокомпонентное топливо на основе древесных отходов – одно из направлений решения задач энергосбережения / А. Н. Пехота // Вестник Белорусского государственного университета транспорта. Наука и транспорт : науч.-произв. журнал. – 2010. – № 1. – С. 121–122.

2. Хрусталеv, Б. М. Многокомпонентное твердое топливо на основе малоиспользуемых отходов / Б. Хрусталеv, А. Пехота // Энергетика и ТЭК. – 2011. – № 11. – С. 16–19.

3. Пехота, А. Н. Использование вторичных ресурсов в энергетическом балансе – дополнительный резерв энергосбережения и обеспечения стабильной сырьевой топливной базы / А. Н. Пехота // Вестник Брестского государственного университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – № 2. – С. 53–55.

4. Хрусталеv, Б. М. Технология эффективного использования углеводородсодержащих отходов в производстве многокомпонентного твердого топлива / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2016. – Т. 59, № 2. – С. 122–140.

5. Хрусталеv, Б. М. Композиционное твердое топливо на основе вторичных горючих отходов / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота // Энергоэффективность : ежемесячный науч.-практ. журнал. – 2016. – № 4. – С. 18–22.

Материалы конференций

6. Пехота, А. Н. Перспективы производства твердого многокомпонентного топлива / А. Н. Пехота // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 239.

7. Пехота, А. Н. Экологическая безопасность утилизации нефтесодержащих отходов / А. Н. Пехота, Ю. А. Пшеничнов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 240–241.

8. Хрусталеv, Б. М. Энергоэффективное многокомпонентное твердое топливо на основе малоиспользуемых отходов / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 11-й Междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. – Минск : БНТУ, 2013. – Т. 1. – С. 146.

9. Хрусталеv, Б. М. Исследование и разработка многокомпонентных составов топлива с возможностью их использования в котельных в качестве MBT / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 12-й Междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. – Минск : БНТУ, 2014. – Т. 1. – С. 151.

10. Пехота, А. Н. Экологическая безопасность сжигания двухкомпонентного твердого топлива / А. Н. Пехота, Ю. А. Пшеничнов // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. / Гомельский обл. комитет природн. ресурсов и охраны окр. среды, М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 201–203.

11. Пехота, А. Н. Эффективное использование углеводородсодержащих промышленных отходов при создании топлива / А. Н. Пехота. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa «Społeczeństwo i gospodarka wobec wyzwań XXI wieku. Nauka na rzecz społeczeństwa i biznesu» (Польша, Белостокский государственный политехнический университет, 2014). – С. 71.

Тезисы докладов

12. Пехота, А. Н. Планирование эксперимента на установке для получения твердого многокомпонентного топлива на основе нефтедревесных отходов / А. Н. Пехота, Ю. А. Пшеничнов // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : тез. докл. X Междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 15–16 окт. 2013 г. / НАН Беларуси [и др.] ; редкол. : А. И. Свиридёнок (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2013. – С. 184.

13. Хрусталеv, Б. М. Энергоэффективное многокомпонентное твердое топливо на основе нефтедревесных отходов / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота // Технология строительства и реконструкции : тез. докл. Междунар. науч. конф. / Минск, 24–25 ноября 2015 г. – Минск : БНТУ, 2015. – С. 126.

Патенты

14. Способ получения топлива твердого многокомпонентного : пат. 18408 Респ. Беларусь, МПК С 10 L 5/48, С 10 L 5/06, С 10 L 5/36 / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталеv ; заявитель Пехота Александр Николаевич; Хрусталеv Борис Михайлович (BY). – № а 20120656 ; заявл. 25.04.12 ; опубл. 30.08.14 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 3. – С. 174.

15. Состав для брикетирования топлива многокомпонентного : пат. 18463 Респ. Беларусь МПК С 10 L 5/04, С 10 L 5/48 / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталеv; заявитель Пехота Александр Николаевич; Хрусталеv Борис Михайлович (BY). – № а 20120655 ; заявл. 25.04.12 ; опубл. 30.08.14 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 3. – С. 207.

16. Состав для брикетирования топлива многокомпонентного : пат. 18130 Респ. Беларусь МПК С 10 L 5/44, С 10 L 5/48 / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталеv; заявитель Пехота Александр Николаевич; Хрусталеv Борис Михайлович (BY). – № а 20120676 ; заявл.30.04.12 ; опубл. 30.04.14 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 2. – С. 124.

Нормативно-технические документы

17. Топливо твердое многокомпонентное. Технические условия : ТУ ВУ 490319372.001–2005. – Введ. 18.04.2005 с Извещением № 1 и 2 об изменении технических условий. – Минск : Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, рег. номер 019066 от 18.04.2005. – 8 с.



РЕПОЗИТОРИЙ БНТУ

РЭЗІЮМЭ

ПЯХОТА Аляксандр Мікалаевіч

Шматкампанентнае цвёрдае кацельна-пячнае паліва на аснове драўняных і вязкіх нафтаўтрымліваючых адходаў і тэхналогія яго вытворчасці

Ключавыя словы: шматкампанентнае цвёрдае паліва, нафтаўтрымліваючыя адходы, драўняныя адходы, другасныя гаручыя адходы, мясцовыя віды паліва, брыкетаванне, энергаэфектыўнасць, рэсурсазберажэнне, экалогія.

Мэта працы: усталяваць заканамернасці фарміравання шматкампанентнага цвёрдага кацельна-пячнага паліва на аснове драўняных і вязкіх нафтаўтрымліваючых адходаў. Усталяваць аптымальны склад паліва, які задавальняе энергетычныя і экалагічныя патрабаванні, што прад'яўляюцца да спальвання цвёрдага паліва ў котлаагрэгатах, распрацаваць тэхналогію і абсталяванне для яго вытворчасці.

Метады даследавання і выкарыстаная апаратура: даследаванні ўплыву тэхналагічных фактараў на працэс брыкетавання праводзілі ў адпаведнасці з тэорыяй планавання эксперыменту. Статыстычную апрацоўку вынікаў эксперыменту ажыццяўлялі ў асяроддзі пакетаў Statgrafics і MathCad. Фізіка-механічныя ўласцівасці, хімічны склад паліва вызначалі ў адпаведнасці з стандартамі ў акрэдытаваных аналітычных лабараторыях.

Навуковая навізна атрыманых вынікаў: у выніку эксперыментальных даследаванняў распрацавана матэматычная мадэль працэсу вільготнага брыкетавання сумесі нафтадраўняных адходаў, якая ўлічвае сукупны ўплыў на прадукцыйнасць шнековай прэсавай устаноўкі розных фактараў: долі ў сумесі нафтазвязваючага кампанента, вільготнасці сумесі, памеру часціц, ціску. Атрымана аптымальная паслядоўнасць тэхналагічных аперацый, якая дазваляе вырабляць шматкампанентнае цвёрдае паліва шляхам прасочвання вільготнай фармовачнай масы шнековым прэсам пад ціскам 20 МПа. Атрыманы матэматычныя ўраўненні, якія апісваюць канцэнтрацыі выкідаў пры спальванні шматкампанентнага цвёрдага кацельна-пячнага паліва ў залежнасці ад долі нафташламаў у яго складзе. Усталявана залежнасць эксергіі шматкампанентнага цвёрдага кацельна-пячнага паліва ад яго вільготнасці і долі нафташламаў.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: распрацаваны тэхнічныя ўмовы на атрыманне і выкарыстанне чатырох марак шматкампанентнага цвёрдага паліва.

Галіна прымянення: у якасці мясцовага віду цвёрдага паліва на прадпрыемствах з высокім узроўнем атрымання вязкіх нафтаўтрымліваючых, драўняных адходаў, якія не знаходзяць тэхналагічнага прымянення.

РЕЗЮМЕ

ПЕХОТА Александр Николаевич

Многокомпонентное твердое котельно-печное топливо на основе древесных и вязких нефтесодержащих отходов и технология его производства

Ключевые слова: многокомпонентное твердое топливо, нефтесодержащие отходы, древесные отходы, вторичные горючие отходы, местные виды топлива, брикетирование, энергоэффективность, ресурсосбережение, экология.

Цель работы: установить закономерности формирования многокомпонентного твердого котельно-печного топлива на основе древесных и вязких нефтесодержащих отходов. Установить оптимальный состав топлива, удовлетворяющий энергетическим и экологическим требованиям, предъявляемым к сжиганию твердого топлива в котлоагрегатах, разработать технологию и оборудование для его производства.

Методы исследования и использованная аппаратура: исследования влияния технологических факторов на процесс брикетирования проводили в соответствии с теорией планирования эксперимента. Статистическую обработку результатов экспериментов осуществляли в среде пакетов Statgraphics и MathCad. Физико-механические свойства, химический состав топлива определяли в соответствии со стандартами в аккредитованных аналитических лабораториях.

Научная новизна полученных результатов: в результате экспериментальных исследований разработана математическая модель процесса влажного брикетирования смеси нефтесвязанных отходов, учитывающего совокупное влияние на производительность шнековой прессующей установки различных факторов: доли в смеси нефтесвязывающего компонента, влажности смеси, размера частиц, давления. Получена оптимальная последовательность технологических операций, позволяющая производить многокомпонентное твердое топливо путем продавливания влажной формовочной массы шнековым прессом под давлением 20 МПа. Получены математические уравнения, описывающие концентрации выбросов при сжигании многокомпонентного твердого котельно-печного топлива в зависимости от доли нефтешламов в его составе. Установлена зависимость эксергии многокомпонентного твердого котельно-печного топлива от его влажности и доли нефтешламов.

Рекомендации по использованию: разработаны технические условия на получение и использование четырех марок многокомпонентного твердого топлива.

Область применения: в качестве местного вида твердого топлива на предприятиях с высоким уровнем образования вязких нефтесодержащих, древесных отходов, не находящихся технологического применения.

SUMMARY

PEHOTA Alexander

Multi-Component Solid Boiler and Furnace Fuel Based on Wood and Viscous Oil-Containing Wastes and Technology for Its Production

Keywords: multi-component solid fuel, oil-containing wastes, wood wastes, secondary combustible wastes, local fuel, briquetting, energy efficiency, resource conservation, ecology.

Objective:

- to establish regularities in formation of multi-component solid boiler and furnace fuel based on wood and viscous oil-containing wastes;
- to determine optimal composition of the fuel that meets energy and environmental requirements specified for combustion of solid fuel in boiler units,
- to develop technology and equipment for its production.

Investigation methods and equipment: investigations on influence of technological factors on briquetting process have been executed in accordance with an experimental design theory. Statistical processing of experimental data has been carried out in the medium of Statgrafics and MathCad packages. Physical and mechanical properties, chemical composition of the fuel has been determined in accordance with the standards of accredited analytical laboratories. As a result of experimental investigations, experimental studies the

Scientific novelty of the obtained results: A mathematical model for wet briquetting process of oil and wood waste mixture. The process takes into account a cumulative impact of various factors on capacity of a screw pressing unit: proportion of oil-binding agent in the mixture, mixture moisture, particle size, pressure. An optimal sequence of technological operations has been obtained and it makes possible to produce multi-component solid fuel by forcing through wet molding material while using a screw press under a pressure of 20 MPa. Mathematical equations describing concentrations of emissions due to combustion of multi-component solid boiler and furnace fuel according to proportion of oil sludge in its composition. A dependence of multi-component solid boiler and furnace fuel exergy on moisture and oil sludge proportion has been ascertained in the paper .

Recommendations for use: Technical specifications for obtaining and usage of four multi-component solid fuel grades have been developed in the paper.

Application field: The proposed fuel can be used as a local type of solid fuel at enterprises with a high level of viscous oil-containing and wood wastes which are not technologically applied.

Научное издание

ПЕХОТА

Александр Николаевича

**МНОГОКОМПОНЕНТНОЕ ТВЕРДОЕ КОТЕЛЬНО-ПЕЧНОЕ
ТОПЛИВО НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ
И ВЯЗКИХ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ
И ТЕХНОЛОГИЯ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика

Подписано в печать 19.04.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,51. Уч.-изд. л. 1,18. Тираж 80. Заказ 396.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ
к автореферату диссертационной работы

Пехота Александра Николаевича на тему: «Многокомпонентное твердое котельно-печное топливо на основе древесных и вязких нефтесодержащих отходов и технология его производства» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика.

Оборотная сторона лицевой обложки автореферата – после Савчин Василий Васильевич читать:

Кандидат технических наук, заведующий отделом электродуговой плазмы ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси»

Ученый секретарь
Совета по защите диссертаций
кандидат химических наук, доцент



О. Ф. Краецкая