

УДК 621.499;661.621

А.В. БАСТЕЕВ, Л.В. ТАРАСЕНКО, В.В. ФОРФУТДИНОВ, К. ЮССЕФ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЯ

Обоснована целесообразность и предложена усовершенствованная технология приготовления и сжигания в промышленных теплоэнергетизирующих энергоустановках композитных суспензионных горючих (КСГ) на основе отходов производства «биодизеля» – гидрофуза. С использованием общепринятых методов расчета и стандартного SOFTWARE проведен расчет равновесного состава продуктов сгорания и выявлены основные тенденции. Экспериментально исследованы особенности предпламенных процессов и обоснована необходимость введения в состав КСГ дополнительных веществ-активаторов. Экспериментально показано активирующее влияние жидкого углеводородного активатора (печное топливо) на интенсивность предпламенных процессов и показана возможность увеличения полноты сгорания КСГ. Усовершенствование технологии приготовления КСГ состоит в том, что гидрокавитационная обработка исходного топлива проводится одновременно с добавлением вещества-активатора.

комбинированное топливо, биодизель, углеводородное горючее, гидрофуз, гидрокавитационная обработка, предпламенные процессы

Введение

Необходимость Украины в нефтепродуктах по разным оценкам составляет 24 – 28 млн. тон в год, природного газа – 85 млрд. куб.м. В перспективе ожидается, что Украина обеспечит свою потребность в нефти (нефтепродуктах) на 80 – 90% за счёт импорта, а в природном газе – более чем на 50%. Собственная добыча сдерживается небольшими запасами и необходимостью больших средств на их освоение [1]. При сохранении нынешних темпов добычи и использования этих ископаемых источников энергии хватит лишь на 30 – 40 лет. Кроме того, использование нефтепродуктов приводит к загрязнению окружающей среды.

Одним из направлений решения указанных проблем является освоение альтернативных возобновляемых источников энергии. Самыми перспективными нетрадиционными источниками энергии являются растительные и животные жиры, которые могут быть использованы для производства биодизельного топлива (биодизеля).

Актуальной проблемой современности также является снижение выброса в атмосферу парниковых газов. Помимо промышленных источников парни-

ковый газ образуется в процессе гниения бытовых и сельскохозяйственных отходов. Естественный процесс биологического разложения органических отходов приводит к образованию биогаза с содержанием метана около 50%, как известно, метан является газом, парниковый эффект которого в 21 – 23 раза выше, чем двуокиси углерода (IPCC-1996). В рамках Киотского договора Украина должна к 2012 году начать использовать 3 – 5% биотоплива для уменьшения вредных выбросов в атмосферу [2].

Переход на производство и все более широкое использование в транспорте биодизеля приведет к появлению дополнительного количества биоотходов, которые, без соответствующей утилизации, в процессе гниения могут генерировать метан. Традиционные методы утилизации отходов не позволяют полностью перерабатывать биологические отходы, или экологически небезопасны. Именно наличие метана является причиной частых возгораний на полигонах, которые практически не поддаются тушению и приводят к выбросам в атмосферу большого количества токсичных веществ.

Однако, эти отходы также имеют энергетическую ценность. Одним из таких отходов является гидрофуз – это смесь растительного масла, фосфо-

липидов подсолнечного масла и воды, полученная в результате гидратации растительного масла [3].

Целью работы является исследование теплофизических свойств композиционных суспензионных горючих (КСГ) на базе гидрофуза с последующим включением в состав углеводородного активатора (например, печного топлива) для обоснования возможности их применения в качестве топлив для промышленных установок.

Основной материал

Рассматриваемый подход и технология перспективны с точки зрения расширения спектра утилизируемых веществ: возможно использование отходов сахарной, спиртовой и биодизельной промышленности, а также биоила.

Экспериментальные исследования проводились на установке, состоящей из высокоэффективного эмульгатора, в котором активатор – печное топливо смешивается с гидрофузом с известным содержанием воды. Предполагается, что полученное в результате гидрокавитационной обработки КСГ, будет непосредственно подаваться в камеру сгорания парогенерирующей установки без модернизации конструкции последней, и сжигаться с высокой полнотой сгорания.

В работе использовались общепринятые методики экспериментального исследования и расчета равновесного состава продуктов сгорания, подробно описанные в [4].

Исследовались четыре состава гидрофуза: образец № 0 – исходный гидрофуз, включающий 50% воды, образец № 1 – гидрофуз с 6% воды, образец № 2 – гидрофуз с 18% воды и образец № 3 – гидрофуз с 25% воды. Исследование влияния воды и активатора – ПТ на параметры КСГ: теплотворную способность, равновесную температуру сгорания и выбросы некоторых соединений, проводилось с помощью SOFT «ASTRA-4» и «PLASMA». Результаты представлены на рис. 1 – 4.

Расчеты показывают, что при увеличении содержания воды теплотворная способность и температура сгорания падает, а увеличение содержания ПТ приводит к увеличению теплотворной способности и температуры сгорания КСГ.

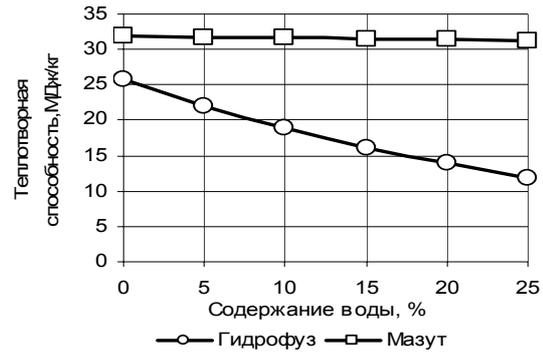


Рис. 1. Зависимость теплотворной способности КСГ от содержания воды

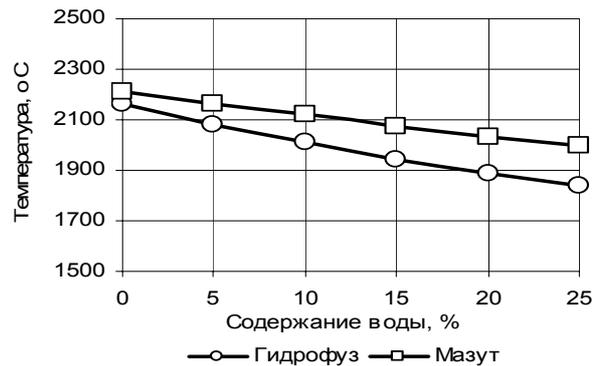


Рис. 2. Влияние содержания воды на равновесную температуру КСГ

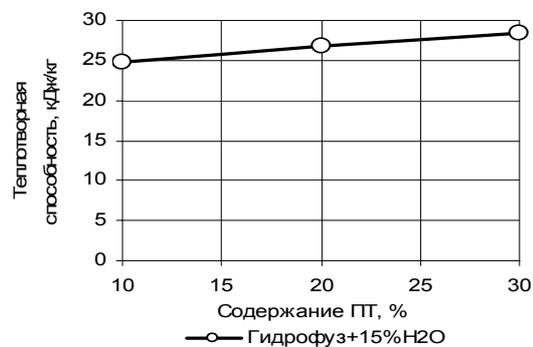


Рис. 3. Зависимость теплотворной способности КСГ от добавки ПТ.

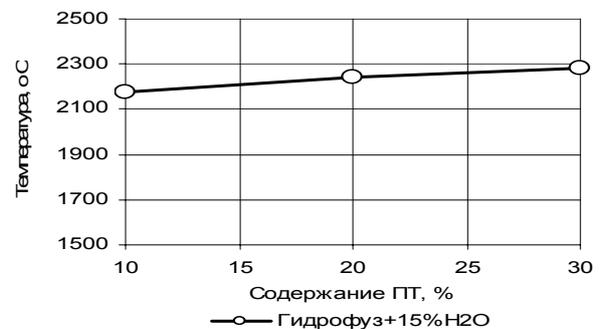


Рис. 4. Влияние добавки ПТ на равновесную температуру КСГ

По своим физико-механическим свойствам исследуемое КСГ близко к КСГ на основе мазута, поэтому целесообразно провести их сравнение. Сравнение свойств КСГ на основе гидрофуза со свойствами КСГ на основе мазута показывает, что при замене КСГ на основе гидрофуза на КСГ на основе мазута теплотворная способность топлива уменьшится на 14%, равновесная температура сгорания уменьшится на 9%, содержание в продуктах сгорания NO увеличится на 20%. Содержание CO и SO₂ уменьшится в 9 и 2 раза соответственно. Микроскопические исследования проводились с помощью микроскопа МБР-1 и микрофотографировались с помощью цифровой камеры «Canon PowerShot A630». Результаты представлены на рис. 5.

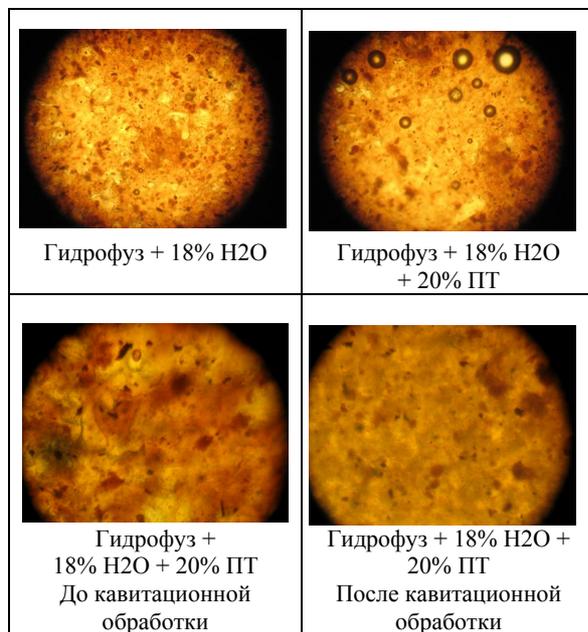


Рис. 5. Микрофотографии КСГ

Анализ образцов гидрофуза при их хранении более 10 суток показал, что образцы с 6% и 18% воды не расслоились, а в образце с содержанием 20% ПТ на поверхности отслоилось небольшое количество жидкости, следовательно, основная часть воды в образцах находится в связанном состоянии. Гидрофуз состоит из нескольких составляющих:

- твердые частицы неправильной формы размером до 20 мкм;
- полупрозрачные образования неправильной формы размером до нескольких миллиметров;
- капли или газовые пузырьки сферической формы размером до 200 мкм.

В целом, состав достаточно неоднородный. Уменьшение количества воды в гидрофузе приводит к увеличению вязкости. Разбавление гидрофуза печным топливом разжижает гидрофуз и уменьшает количество полупрозрачных образований в результате их растворения, состав становится более однородным. При нагревании образцов до 70 °С существенно уменьшается вязкость КСГ. Однако при нагревании смеси гидрофуза с ПТ до температуры ~60 °С происходит «вскипание» с выделением большого числа пузырей, что связано с испарением легких фракций ПТ. После обработки образцов на кавитаторе происходит разжижение КСГ и существенно улучшается однородность образцов. При обработке 10 – 15 минут КСГ нагревается до 40 °С. Через сутки после обработки на поверхности образца образует тонкая пленка печного топлива.

На рис. 6 показано влияние содержания воды и ПТ на скорость и температуру испарения составляющих КСГ на основе гидрофуза в сравнении с КСГ на основе мазута. Видно, что гидрофуз испаряется быстрее мазута и при более низких температурах. Количество воды в составе гидрофуза слабо влияет на скорость и температуру испарения. Влияние добавок печного топлива в КСГ на основе гидрофуза приводит к более раннему по температуре испарению и увеличению времени испарения, первое связано с испарением легких фракций печного топлива, второе – с испарением тяжелых фракций. Гидрокавитационная обработка приводит к тому, что свойства КСГ приближаются к свойствам гидрофуза с водой, однако КСГ с печным топливом имеет большую теплотворную способность.

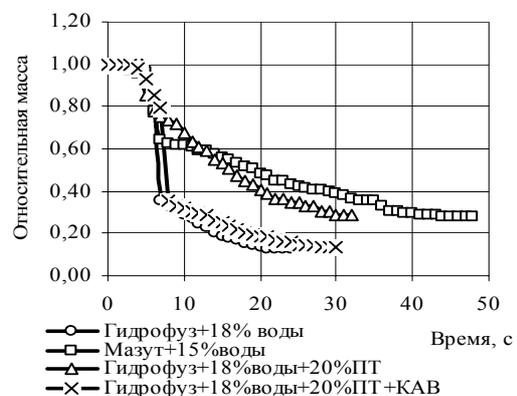


Рис. 6. Термогравиметрия КСГ

Термометрические исследования проводились с КСГ на основе гидрофуза с 18%-м содержанием воды. Данный состав оказался менее вязким, чем осушенный гидрофуз (6% воды) и, в отличие от гидрофуза с 50%-м содержанием воды, он имеет более высокую теплотворную способность.

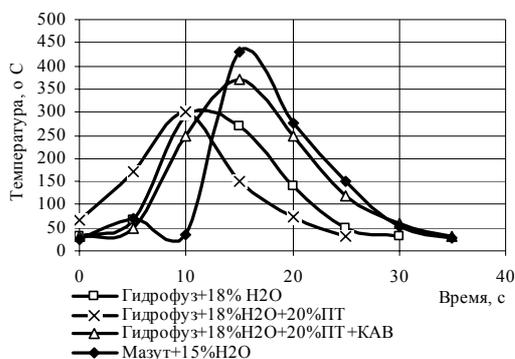


Рис. 7. Термометрия КСГ

Результаты термометрии представлены на рис. 7. Процесс горения гидрофуза начинается при температуре топлива выше 100 °С, т.е. после испарения воды. В мазуте с водой горение начинается при 60 – 70 °С за счет легких углеводородных фракций, содержащихся в мазуте [5].

Добавка в гидрофуз печного топлива приводит к более раннему возгоранию топлива. При этом температура пламени КСГ на основе гидрофуза на 50 – 60 °С ниже, чем у КСГ на основе мазута. Время горения сравнимо со временем горения мазутного топлива. Гидрокавитационная обработка КСГ приводит к гомогенизации топлива, что в свою очередь, приводит к небольшому повышению температуры пламени и более спокойному горению. В мазутном топливе при вскипании содержащейся в нем воды наблюдается взрывной характер горения.

Выводы

Рекомендованный состав КСГ на основе гидрофуза с содержанием 15 – 20% воды должен также содержать 15 – 25% печного топлива для обеспечения теплотворной способности около 25 – 28 МДж/кг и устойчивого процесса горения.

Гидрокавитационная обработка КСГ приводит к гомогенизации топлива и уменьшению его вязкости.

Процесс гидрокавитационной обработкой КСГ необходимо совместить с разбавлением гидрофуза с печным топливом. При этом температура обработки не должна превышать 40 – 45 °С.

При использовании КСГ на основе гидрофуза в качестве топлива на мазутных котлах необходимо учитывать, что мазут перед подачей в топливную систему котла разогревают для уменьшения его вязкости. При разогреве КСГ на основе гидрофуза необходимо, чтобы температура топлива не превышала 60 °С. Превышение этой температуры приводит к закипанию КСГ, что может привести к неполадкам топливной системы установки.

Исследования состава и теплофизических свойств мазута и КСГ на основе гидрофуза, показали возможность применения КСГ на котлах, работающих на мазуте без существенной переделки последних.

Литература

1. Козин Л.Ф., Волков С.В. Водородная энергетика и экология. – К.: Наук. думка, 2002. – 336 с.
2. Гелетуа Г.Г., Коньшин С.В. Кіотський протокол та додаткові інвестиції в енергозбереження // Інформаційно-аналітичне видання Екотехнології та ресурсозбереження. – 2007. – № 4 (10). – С. 28-33.
3. Поп Г.С., Биленька В.И. Состав и коллоидно-химические рычаги управления свойствами эмульсий на основе фосфатидов подсолнечного масла // Катализ и нефтехимия. – 2000. – № 5-6. – С. 2-10.
4. Экспериментальное моделирование предпламенных процессов суспензионных горючих на основе печного топлива и мазута исследование процесса горения суспензионных горючих на основе ПТ и мазута. / А.В. Бастеев, Алаа Мусалам, В.В. Форфутдинов, Р.А. Кучмамбетов // Материалы V Междунар. научн.-техн. конф. «АВИА-2003». Т.4. – К.: НАУ, 2003. – С. 17-20.

Поступила в редакцию 19.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.В. Амброжевич, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.