

**ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

*А.А. Долинский, академик НАНУ,*

*Л.Н. Грабов, кандидат технических наук, зав. лабораторией, ведущий научный сотрудник,*

*Д.В. Пасулько, научный сотрудник.*

Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

Розглянуті питання зменшення енергетичної залежності України та зниження шкідливих викидів шляхом застосування альтернативних енергетичних паливних емульсій. Розроблено нові енергетичні паливні емульсії з використанням біологічних компонентів та методи їх одержання.

Рассмотрены вопросы уменьшения энергетической зависимости Украины и снижения вредных выбросов путем применения альтернативных энергетических топливных эмульсий. Разработаны новые энергетические топливные эмульсии с использованием биологических компонентов и методы их получения.

The questions of reduction of energy dependence of Ukraine and decrease of harmful emissions by application of alternative power-plant fuel emulsions are considered. New power-plant fuel emulsions with biocomponents and the methods of them reception are developed.

Условные обозначения

ВКД - высокооктановая кислородосодержащая добавка

ДИВЭ - дискретно-импульсный ввод энергии

ИТТФ - Институт технической теплофизики

МТБЭ - метил-третбутиловый эфир

т.у.т. – тонн условного топлива

ЭТБЭ - этил-третбутиловый эфир

Основную часть энергии в мире получают в виде тепловой энергии в процессе горения ископаемого органического топлива, преобразуя ее, в случае необходимости, в электрическую энергию. При выработке тепловой энергии больше всего загрязняется окружающая среда, в первую очередь, продуктами сгорания топлива. Около 80% всех видов загрязнений биосферы обусловлено именно энергетическими процессами.

Топливо-энергетические ресурсы планеты к началу XXI в. значительно уменьшились, а энергопотребление постоянно возрастает. Современный уровень энергопотребления в мире эквивалентен 12 млрд. т.у.т. С учетом существующих темпов роста к 2050г. мировое энергопотребление достигнет 15 млрд. т.у.т., а по более пессимистическим прогнозам – 25 млрд. т.у.т. Годовая потребность мазута в Украине составляет до 6 миллионов тонн. При этом импорт необходимого объема сырой нефти и нефтепродуктов составляет до 85% [1,2].

Исходя из этого, актуальной задачей в настоящее время является применение энерго- и ресурсосберегающих технологий, поиск новых источников энергии, а также уменьшение вредных выбросов при сжигании топлива.

Для жидких топлив имеет место смешанное (окислительно-восстановительное) горение, характеризующиеся неравномерным взаимодействием поверхностей сгорания с воздухом. При полном горении все горючие вещества топлива принимают участие в окислительных процессах. При этом образуются только оксиды –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Различают механическую и химическую неполноту горения. В первом случае некоторое количество топлива в процессе горения не участвует. Химические потери возникают в случае химически неполного окисления углеродсодержащих соединений, а также в случае, когда часть горючих газообразных веществ, полученных при испарении и термическом разложении жидкого топлива ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и др.), покидают зону горения до завершения окислительных процессов. В дымовых газах содержатся, также, продукты промежуточных реакций - сажа (С) и сероматические углеводороды, основным представителем которых является бенз(а)пирен ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ ). Также в дымовых газах содержится определенное количество оксидов азота, концентрация которых зависит от многих факторов и, прежде всего, от уровня температур в зоне горения и наличия азота в топливе в виде соединений типа пиррола ( $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$ ) и пиридина ( $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ ).

При сжигании в котельных установках жидкого топлива образуются также оксиды серы ( $\text{SO}_2$  и частично  $\text{SO}_3$ ), уровень выбросов которых зависит от сернистости топлива

При распылении в топке капли мазута прогреваются, легкие фракции испаряются и сгорают, а высокомолекулярные соединения (в виде карбонатов, асфальтенов и смол), составляющие коксовый остаток, выгорают значительно дольше. Даже использование современных высокоэффективных горелок не позволяет полностью избавиться от содержания в продуктах сгорания мелкодисперсного коксового остатка [4, 5, 6].

Известно, что содержание небольшого количества воды в мазуте способствует снижению содержания сажи, а также газообразных продуктов неполного сгорания ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CH}_4$  и др.). Снижение недожога обусловлено тем, что такие компоненты топливных смесей, как вода или другие полярные жидкости, способствуют более тонкому распылению жидкого топлива. Эффект объясняется тем, что топливная смесь поступая в зону горения имеет размер капель порядка 0,1... 1 мм, в которых находятся включения более мелких капелек этих компонентов. При нагревании происходит вскипание таких капелек и образовавшиеся пары разрывает каплю мазута, увеличивая дисперсность сжигаемого топлива. В результате увеличивается поверхность контакта топлива с воздухом, улучшается качество топливно-воздушной смеси, что приводит к практически полному сгоранию топлива и существенному снижению в уходящих газах сажи, бенз(а)пирена, вторичных углеводородов, а также снижению концентрации оксидов азота. Но поскольку с ростом количества воды в топливе увеличиваются потери теплоты с уходящими газами, необходимо определять оптимальное содержание воды в мазуте для конкретного топлива и типа горелки. Оптимальное количество воды в водно-мазутной эмульсии обычно находится в пределах 8-12%.

Применение в котлах и печах обводненного мазута при неравномерном распределении воды в виде крупных капель и линз приводит к падению КПД котлов из-за неравномерного горения

и дополнительного расхода топлива на испарение влаги. Поэтому добавление воды в мазут должно быть только в виде водо-мазутной эмульсии [6].

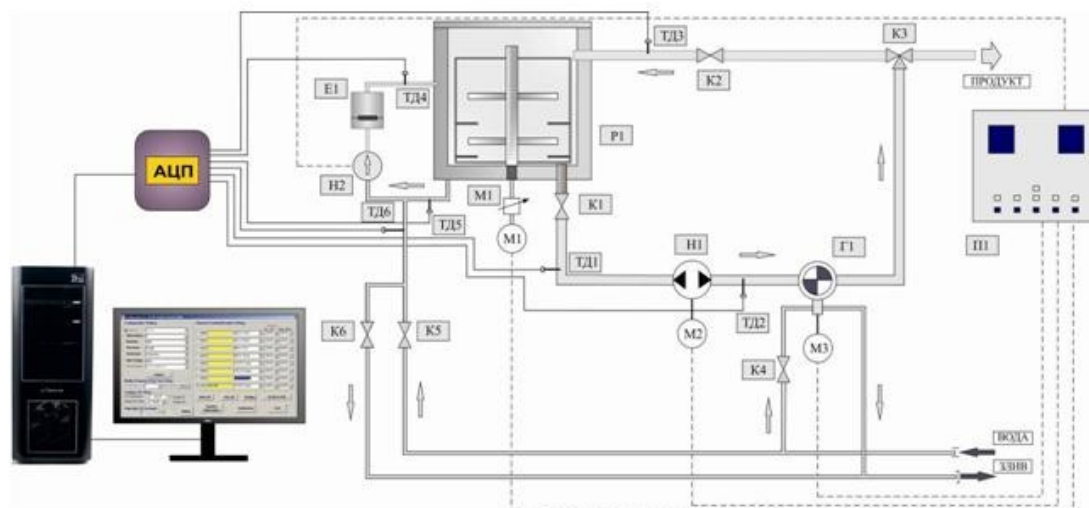
Предварительная обработка водно-мазутной смеси с помощью гомогенизатора позволяет получить эмульсию с размером капель воды около 2-5 мкм. Такая топливоподготовка позволяет снизить концентрацию горючих веществ в продуктах уноса на 15-18 %, повысить полноту сгорания топлива (критический коэффициент избытка воздуха снижается с 1,148 до 1,085), улучшить экологический фактор (концентрация NO снижается с 582 до 480 мг/м<sup>3</sup>, а CO с 0,002 до 0,0007 об.%).

Задача поиска новых возобновляемых источников энергии частично решается разработкой новых энергетических топливных смесей на основе ископаемых углеводородов с включением добавок из биологических возобновляемых компонентов. Предполагается, что в качестве таких добавок к топливам будут использованы ВКД и биоконпоненты, теплотворная способность которых составляет до 27700 кДж/кг. ВКД представляет собой, как правило, МТБЭ или ЭТБЭ. В качестве добавок к топливу, кроме ВКД, можно использовать различные масла: минеральное регенерированное, сланцевое, растительное и др. При применении таких добавок в топливо уменьшается на эквивалентную величину расход мазута и сокращаются выбросы диоксида серы с уходящими газами в связи со снижением массовой доли серы в получаемом топливе.

ИТТФ НАН Украины разрабатывает технологии и оборудование для получения топливных эмульсий на основе ископаемого топлива с использованием биоконпонентов, производимых на отечественных заводах [7].

Проблема получения новых видов энергетических топлив связана с получением топливных эмульсий с заданными физико-химическими свойствами. В связи с тем, что такие системы состоят из компонентов, имеющих разные свойства, получение дисперсных однородных гетерогенных систем представляет собой довольно сложную задачу. Для каждого компонента те или иные свойства имеют решающую роль при образовании эмульсий. В тоже время, в процессе обработки свойства компонентов, например, структурно-механические, термодинамические, теплофизические, могут изменяться в связи с взаимодействием компонентов между собой и под внешним воздействием. Поэтому ни состав эмульсий, ни параметры их обработки не могут быть выбраны произвольно, а должны быть определены на основе исследований тепломассообменных процессов, которые в них происходят.

В ИТТФ НАН Украины с использованием опыта по созданию технологии и аппаратов дисково-цилиндрического типа был разработан экспериментальный стенд (рис. 1) для получения новых топливных эмульсий и топлив с использованием возобновляемых биологических компонентов. Для реализации способа получения новых топливных эмульсий использован метод ДИВЭ.



**Рис.1. Технологическая схема экспериментального стенда для получения топливных эмульсий**

Г1 - гомогенизатор, Е1 - электронагреватель, К1...К6 запорная арматура, М1 - электродвигатель с вариатором, М2 – электродвигатель продуктового насоса, М3 - электродвигатель гомогенизатора, Н1 - насос продуктовый, Н2 - насос теплоносителя, П1 - пульт управления, Р1 - емкость с мешалкой, ТД1...ТД6 – датчики температуры

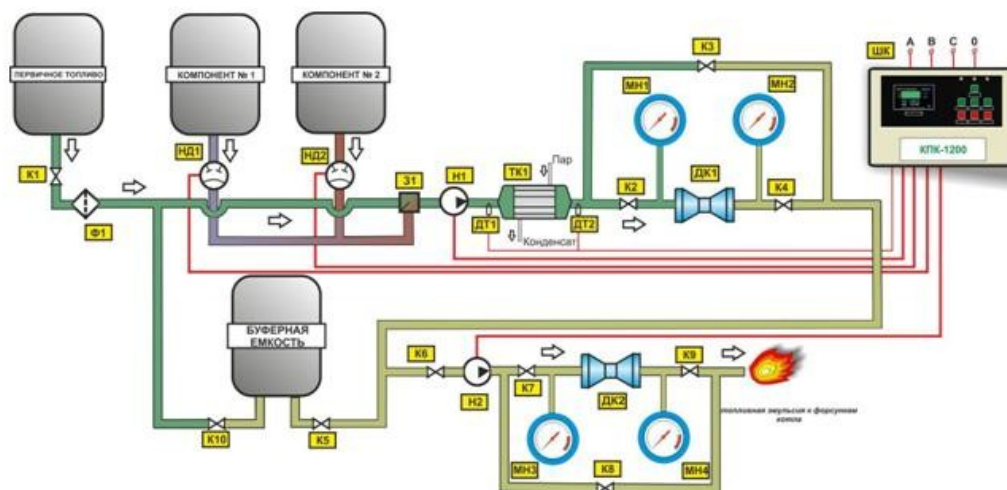
В роторно-пульсационных аппаратах дисково-цилиндрического типа возникают высокочастотные пульсации давления, скорости и температуры, которые действуют на обрабатываемую смесь при перемещении ее через зону рабочих органов аппарата. Рабочие органы этих аппаратов выполнены в виде дисков с отверстиями, а также коаксиальных цилиндрических тел, имеющих щели и являющихся ротором и статором аппарата. При периодическом перекрытии рабочей поверхностью ротора щелей статоров в аппарате образуются пульсации давления. Обработка смеси осуществляется за счет механических и гидродинамических воздействий в пространстве между вращающимся ротором и неподвижным статором. Аппарат создает гидродинамические импульсы с частотой  $1,2 \cdot 10^3 \dots 3,6 \cdot 10^3$  Гц. Между ротором и статором выдерживается оптимальный зазор, в котором и происходит обработка смеси при перемещении ее через зону рабочих органов аппарата. При такой обработке интенсифицируются физико-химические процессы в обрабатываемой среде, что позволяет экономить значительные энергоресурсы.

С использованием данного стенда был отработан метод дискретно-импульсной многофакторной обработки топливных эмульсий и суспензий. Исследованы процессы получения топливных эмульсий, в состав которых входят обводненный мазут М100 и ВКД. При проведении опытов содержание ВКД в топливной смеси варьировалось в пределах 15...50 %. Отработано получение топливных эмульсий с содержанием ВКД 15 % и 30 %. Рабочее название эмульсий – альтернативное топливо АТ-15 и АТ-30. Такие топливные эмульсии являются однородными структурами с размером капель водно-спиртовой дисперсии 0,6-6 мкм. Расчетная удельная теплота сгорания составила: для АТ15 – 38,6 МДж/кг и для АТ30 – 36,2 МДж/кг.

В настоящее время ведутся работы по созданию технологии и оборудования для получения топливных эмульсий при помощи пассивных гомогенизаторов. С использованием опыта по созданию технологии и аппаратов для получения эмульсий, в котором реализуется

многофакторное воздействие на обрабатываемые системы, разрабатывается пассивный гомогенизатор топлива для осуществления инновационной технологии производства комбинированных топливных эмульсий. Гомогенизатор топлива предназначен для получения устойчивых альтернативных биотопливных смесей, с целью экономии ископаемого топлива, улучшения экологической обстановки в промышленно развитых районах страны и более эффективного сжигания жидкого топлива в теплогенерирующих агрегатах.

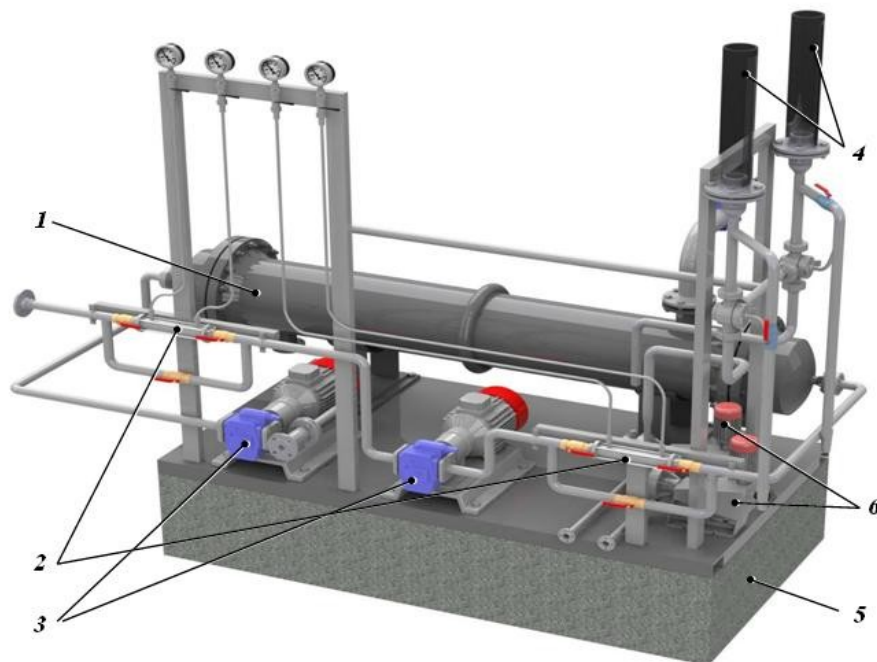
Данный гомогенизатор будет входить в состав комплекса для подготовки топливных эмульсий КПК-1200 производительностью 1200 л/час (рис. 2).



**Рис. 2. Принципиальная схема линии для осуществления инновационной технологии производства топливных эмульсий**

ДТ1, ДТ2 – датчики температуры; ДК1, ДК2 - пассивные гомогенизаторы; З1 - смеситель; К1...К10 запорная арматура; МН1...МН4 – манометры; Н1, Н2 - насосы продуктовые; НД1, НД2 - насосы дозаторы; ТК1 – трубчатый теплообменник; ШК - пульт управления

Комплекс КПК-1200 предназначен для получения смесевых жидких топлив на основе ископаемого топлива с использованием биологических компонентов. В нем предусмотрено дозированное введение дополнительных компонентов и смешение их с традиционным топливом. Также имеется возможность производить фильтрацию, нагрев, охлаждение полученной топливной смеси, которая проходит пассивные гомогенизаторы, после которых получается многокомпонентная топливная эмульсия с заданными параметрами. Внешний вид кавитационного топливного комплекса представлен на рис. 3, а технические характеристики - в табл. 1.



**Рис. 3. Фрагмент кавитационного топливного комплекса КПК-1200 с пассивными гомогенизаторами для производства топливных эмульсий**

1 – теплообменник трубчатый; 2 – гомогенизатор пассивный; 3 – насосы продуктовые; 4 – мерники; 5 – рама; 6 – насосы-дозаторы.

Табл. 1

**Технические характеристики кавитационного топливного комплекса КПК-1200**

Название параметра		Единицы	Величина
Производительность		л/час	1200
Теплообменник			кожухотрубный
Температура теплоносителя		°С	до 120
Установленная мощность		кВт	4,5
Номинальное напряжение питания		В	380
Габаритные размеры	Длина	мм	2300
	Ширина		1000
	высота		1100
масса		кг	900

### Выводы

1. Получение и внедрение энергетических топливных эмульсий является актуальной задачей, как в мире, так и в Украине.
2. Применение энергетических топливных эмульсий позволяет уменьшить потребность в ископаемом топливе и сократить вредные выбросы при получении тепловой энергии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Офіційний веб-сайт Міністерства палива та енергетики. – Режим доступа: <http://mpe.kmu.gov.ua>
2. Бурлака Г. Стратегия нефтепродуктообеспечения как составляющая энергетической безопасности Украины // ЗН, №16 (744).
3. Григорьев К. А. Технология сжигания органических топлив. Энергетические топлива: [Учебное пособие] / К. А. Григорьев, Ю. А. Рундыгин, А. А. Тринченко. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 92 с.
4. Хзмалян Д. М. Теория горения и топочные устройства. Учебное пособие: [ Под ред. доктора техн. наук, проф. Д.М. Хзмаляна ] / Д. М. Хзмалян, Я. А. Каган. – М.: «ЭНЕРГИЯ», 1976. – 488 с.
5. Спейшер В.А., Горбаленко А.Д. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках. М., 1991.
6. Промтов М. А. Водотопливные эмульсии (ВТЭ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.tstu.ru/structure/kafedra/doc/maxp/eito8.doc](http://www.tstu.ru/structure/kafedra/doc/maxp/eito8.doc)
7. Долинский А. А. Перспективы использования альтернативных топлив и топливных эмульсий / А. А. Долинский, Л. Н. Грабов, В. И. Мерший, Т. Л. Грабова // Энергетика та електрифікація. – 2009. – № 11.