

**О. В. Кравченко,**

канд. техн. наук

**А. И. Глинько**

Институт проблем  
машиностроения

им. А. Н. Подгорного

НАН Украины, г. Харьков,

e-mail: krav@ipmach.kharkov.ua

УДК 62–932.2:62–932.4

## ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДПЛАМЕННОЙ АКТИВАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОПЛИВ

*Створена експериментальна установка для дослідження процесів ультразвукового впливу на пилоподібні палива з метою їх передполум'яної активації. Експериментально визначені фракції пиловугільного палива (розміром від 140 до 640 мкм), які схильні до максимального ультразвукового диспергування. Показана доцільність застосування ультразвукового впливу в процесах підготовки та спалювання пилоподібних палив в енергогенеруючих установках малої потужності.*

**Ключові слова:** композиційні палива, передполум'яна активація, ультразвук.

### Введение

Энергетическая безопасность страны во многом зависит от эффективности использования энергоносителей. Актуальным направлением является децентрализация энергоснабжения с применением энергогенерирующих установок малой мощности, работающих на новых видах искусственных жидких композиционных и пылевидных топливах. В состав данных топлив могут входить некондиционные углеводороды, сточные воды, низкорекреационный уголь, древесная стружка и пр. [1–6]. Применение таких установок зачастую сдерживается низкими показателями эффективности их работы, особенно на низких расходах топлив (20÷200 кг/ч). Быстрое засорение каналов форсунок, низкое качество распыливания данных топлив приводит к неоднородности факела и неустойчивости горения, а следовательно, к высоким показателям механического и химического недожогов. Решение данных проблем видится в применении новых технологических подходов предпламенной активации и дополнительного диспергирования топлив.

Анализ литературных источников [7–11], показал, что в различных технологиях эффективно применяется ультразвук, в том числе в процессе диспергирования твердых веществ. Данные исследования проведены с целью определения возможности и целесообразности применения ультразвука для предпламенной активации пылевидных топлив.

### Создание экспериментального стенда

С целью определения эффективности воздействия ультразвука на композиционные топлива (в том числе пылевидные), был создан экспериментальный стенд, схема которого представлена на рис. 1.

Выпрямитель электрического тока дополнительно оснащен вольтметром и амперметром, что позволяет определить мощность установки (ВА) (рис. 1). УД-76 генерирует и усиливает сигнал ультразвуковой частоты подаваемый на пьезопреобразователь 1. Частотомер позволяет определить частоту генератора в УД-76, осциллограф 4 отображает частоту колебаний пьезопреобразователя 1. Ультразвуковые колебания проходят через емкость с пылеугольным топливом, воздействуя на него. При-

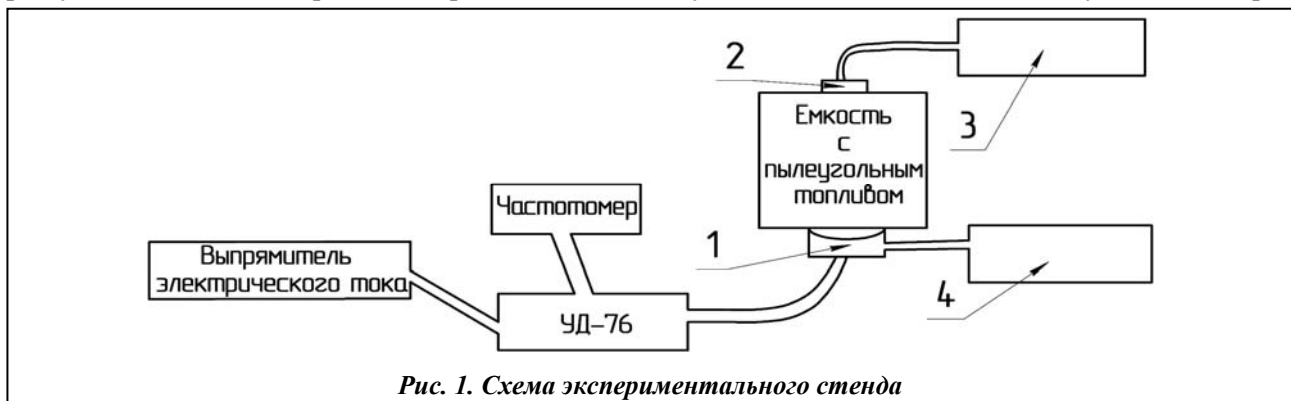


Рис. 1. Схема экспериментального стенда

нимающий пьезопреобразователь 2 преобразовывает принятые ультразвуковые колебания от пьезопреобразователя 1 в электрический сигнал и передает их на осциллограф 3, на базе показаний которого определяются показатели эффективности процесса ультразвукового воздействия и производится анализ полученных результатов.

Основным элементом экспериментального стенда является установка УД-76, генерирующая колебания ультразвуковой частоты. Её технические характеристики приведены в ниже.

Напряжение	12,6 В
Максимальная мощность, потребляемая установкой не должна быть более	30 ВА
Рабочая частота генератора	2,640 МГц
Излучатель, размеры	Ø 60×32 мм
Элемент пьезокерамический ЦТС-19, размеры	Ø 30×1 мм

Применяется пьезоэлемент типа ЦТС-19, характеристики которого даны ниже. Цирконат-титанат свинца (ЦТС) – твердый раствор титаната свинца и цирконата свинца с общей формулой  $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$ , сегнетоэлектрик [12].

Характеристики пьезоэлемента и их обозначения	Данные
Температура точки Кюри, $T_k$	290 °С
Относительная диэлектрическая проницаемость $\varepsilon_{33}^{\square}/\varepsilon^0$	1750
	$\varepsilon_{11}^{\square}/\varepsilon^0$ 1450
Скорость звука, $V_1^E$	$3 \cdot 10^3$ м/с
Планарный коэффициент Пуассона, $\sigma_p$	0,37
Моды растяжения-сжатия по толщине, относительное отклонение частоты, $(ООЧ)_{сж}$	1,0%
Рекомендуемая максимальная температура, $T_{раб}$	200 °С
Удельное объемное электрическое сопротивление $\rho_v$ при 100°С, не менее	$1,010^8$ Ом·м
Плотность, $\rho$	$7,5 \cdot 10^3$ кг/м <sup>3</sup>

**Определение материала емкости, передающего колебания ультразвуковой частоты с наименьшими искажениями**

При создании экспериментального стенда (рис. 1) особое внимание было уделено выбору материала ёмкости, в которой пылеугольное топливо подвергалось ультразвуковому воздействию. Это обусловлено необходимостью обеспечения наименьших потерь и искажений при прохождении колебаний ультразвуковой частоты через дно емкости. Геометрия емкости была выбрана исходя из параметров камер смешения современных форсунок, распыливающих композиционные топлива. Размеры изготовленной емкости составили: высота 86,2 мм, диаметр Ø 74,5 мм, толщина стенок 1 мм.

Были проработаны варианты применения различных материалов для изготовления емкости, в частности пластик, стекло, жель, фарфор и др. Анализ литературных источников [13–15] позволил определиться с интересующими нас характеристиками этих материалов, и в табл. 1 представлены данные по распространению в них скорости звука.

**Таблица 1. Скорость звука в твердых материалах**

Материал	Температура, °С	Скорость звука, м/с		
		в стержне	продольная	поперечная
пластик	20	–	2670	1121
стекло	20	4550	4800	2950
фарфор	20	4844	5340	3120
жель	20	5170	5850	3230

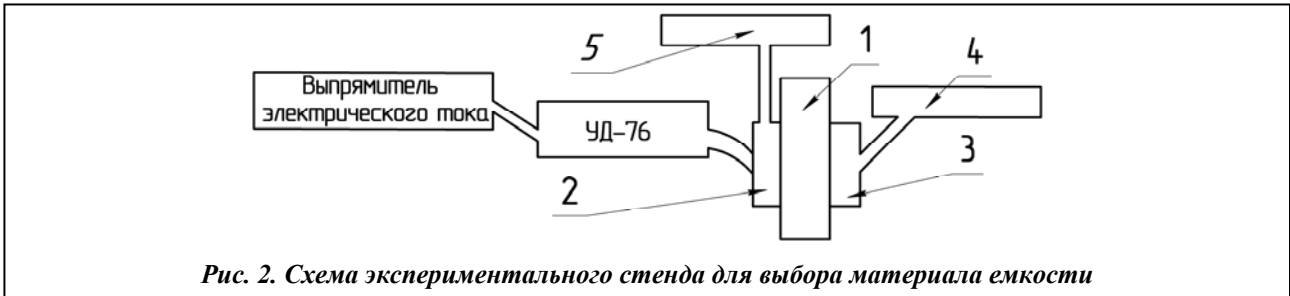


Рис. 2. Схема экспериментального стенда для выбора материала емкости

Чтобы экспериментально определить способности материала проводить колебания ультразвуковой частоты, был создан экспериментальный стенд. Схема экспериментального стенда для выбора материала емкости представлена на рис. 2.

С одной стороны образца исследуемого материала 1 установлен задающий пьезопреобразователь 2. Осциллограф 5 отображает частоту пьезопреобразователя 2. С другой стороны исследуемого материала 1 установлен принимающий пьезопреобразователь 3, который улавливает ультразвуковые колебания и преобразовывает их в электрический сигнал. Показания осциллографа 4, подключенного к пьезопреобразователю 3, позволяют определить способность материала передавать колебания ультразвуковой частоты с наименьшими потерями.

Экспериментально подтверждено, что из выбранных для исследований материалов жезть является наиболее предпочтительной.

По описанной экспериментальной методике можно проводить сравнительные исследования любых конструкционных материалов, в том числе многослойных, с целью определения их способности к передаче ультразвуковых колебаний с наименьшими потерями.

### Экспериментальное определение эффективности воздействия ультразвука на композиционные топлива

Предварительные испытания показали, что максимальный эффект преобразования электрического сигнала ультразвуковой частоты в механические колебания пластины достигается пьезопреобразователем ЦТС-19 при частоте 2,2 МГц. Таким образом, базовая частота 2,640 МГц была изменена на 2,2 МГц. Также в результате доработки установки её мощность была увеличена с 12,6 до 26 Вт.

В общем виде алгоритм проведения экспериментального исследования представлен на рис. 3.

Для проведения экспериментов было выбрано пылеугольное топливо [16, 17], приготовленное для сжигания на Змиевской ТЭС (см. табл. 2).

Размер частиц подготовленных образцов пылеугольного топлива менее 640 мкм. Процесс ультразвукового диспергирования происходил в течение 40 мин. Определение фракционного состава угольной пыли (просеивание) осуществлялось через 4 лабораторных сита размерами: 315, 140, 80 и 71 мкм. Контрольное взвешивание распределенных фракционных составов производилось на весах, позволяющих определить вес в диапазоне от 0 до 200 грамм, с точностью до 4-го знака после запятой.

Результаты экспериментальных исследований, представленные на рис. 4, показали, что максимальному



Рис. 3. Алгоритм проведения экспериментального исследования



воздействию ультразвука подвергается фракция, размер которой находится в диапазоне от 140 до 640 мкм.

**Таблица 2 Характеристики пылеугольного топлива**

Выход летучих веществ, %	Элементарный состав, (примерный), %			Теплота сгорания, (средняя) ккал/кг	Характер коксового королька	Объемный вес	Влага	Зола
	С	Н	О+N					
9□	96	2–3	2–3 (в том числе азот менее 1%)	8350	не спекается	1,32–1,62	5,5%	6%

Так, наглядно видно (рис. 4), что после воздействия ультразвука фракция размером от 315 до 640 мкм увеличилась более чем на 900%, а размером от 140 до 315 мкм – более чем на 400%.

Данные исследования показывают, что при помощи ультразвукового воздействия достигается эффект механохимической активации пылевидного топлива.

**Заключение**

Экспериментально показано, что ультразвуковое воздействие приводит к диспергированию пылевидных топлив, вследствие чего значительно увеличивается площадь поверхности частиц. Определен диапазон фракции пылеугольного топлива (размером от 140 до 640 мкм) который подвержен максимальному ультразвуковому диспергированию. Данный эффект предлагается использовать в устройствах предпламенной активации и распыливания топлив с целью улучшения энергоэкологических показателей энергогенерирующих установок.

Дальнейшие исследования будут направлены на выявление оптимальных параметров ультразвукового воздействия (частота и мощность) на пылеугольные топлива с точки зрения достижения задаваемых параметров диспергирования при минимизации энергетических затрат.

**Литература**

1. Кравченко, О. В. Нетрадиционные методы получения искусственных композитных жидких топлив / О. В. Кравченко, И. Г. Суворова, С. С. Холобцев // Вестн. СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология. – Севастополь: СевНТУ, 2008. – Вып. 87. – С. 34–38.
2. Обоснование целесообразности использования в промышленных энергоустановках суспензионных горючих / О. В. Кравченко, Л. В. Тарасенко, А. В. Бастеев, В. В. Форфутдинов // Авиац.-косм. техника и технология. – 2007. – № 7(43). – С. 44–48.
3. Кравченко, О. В. Новые гидрокавитационные технологии в процессах эффективного получения и использования углеводородсодержащих энергоносителей / О. В. Кравченко // Вісн. Нац. техн. ун-ту. «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПИ», 2007. – № 2. – С. 171–178.

4. *Нетрадиционные* энерготехнологии эффективного получения и использования искусственных композитных жидких топлив / О. В. Кравченко, И. Г. Суворова, Я. В. Смирнов, С. С. Холобцев // *Авиац.-косм. техника и технология*. – Харьков, 2006. – № 10 (36). – С. 91–97.
5. Пат. 79617 Украина МПК (2006) C10G 15/00. Способ кавитационной гидрогенизации и гидролиза углеводородов и устройство для его осуществления / И. И. Мирошниченко, Ю. М. Мацевитый, И. И. Мирошниченко, О. В. Кравченко, А. А. Тарелин; заявитель и патентодержатель Ин-т проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины. – № а 2005 00188; заявл. 10.01.2005; опубл. 10.07.07, Бюл. № 10.
6. Заявка 2005 10753 Україна, МПК7 B01F 7/00, C 10 G 7/06. Спосіб переробки мазуту та роторно-кавітаційний диспергатор для його здійснення / І. І. Мірошниченко, І. Г. Суворова, Ю. М. Мацевитий, О. В. Кравченко, А. О. Тарелін, І. І. Мірошниченко (Україна). – Заявл. 14.11.05.
7. *Хмелёв, В. Н.* Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве / В. Н. Хмелёв, О. В. Попова. – Барнаул: АлтГТУ, 1997. – 160 с.
8. *Уразовский, С. С.* О диспергировании ультразвуком / С. С. Уразовский, И. Г. Полоцкий // *Коллоид. журн.* – 1940. – Т. 6, вып. 9. – 1940. – С. 779–785.
9. *Агранат, Б. А.* Ультразвуковая технология. – М.: Металлургия, 1974. – 504 с.
10. *Гершгал, Д. А.* Ультразвуковая технологическая аппаратура. Учеб. пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. / Д. А. Гершгал, В. М. Фридман – М.: Энергия, 1976. – 320 с.
11. *Маркова, А. И.* Применение ультразвука в промышленности. – М.: Машиностроение, 1975. – 240 с.
12. ЦТС-19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elpariezo.ru/generalpurpose.shtml>.
13. *Кошкин Н. Н.* Справочник по элементарной физике / Н. Н. Кошкин, М. Г. Ширкевич. – М.: Наука, 1976. – 256 с.
14. *Таблицы физических величин: Справ. / Под ред. И. К. Кикоина.* – М.: Атомиздат., 1976. – 1008 с.
15. *Кулемин, А. В.* Ультразвук и диффузия в металлах / А. В. Кулемин. – М.: Металлургия, 1978. – 199 с.
16. Антрацит [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://centrcoal.com/products/anthracite/>.
17. Антрацит [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ecosystema.ru/08nature/min/2\\_5\\_2\\_21\\_2.htm](http://www.ecosystema.ru/08nature/min/2_5_2_21_2.htm).

Поступила в редакцию 02.11.14

<sup>1</sup> А. Н. Попович

<sup>2</sup> А. А. Климаш,  
канд. техн. наук

<sup>1</sup> Технологический институт  
Востокукраинского национального  
университета им. В. Даля,  
г. Северодонецк,  
e-mail: deseretwind@ukr.net

<sup>2</sup> Институт химических технологий  
Востокукраинский национальный  
университет им. В. Даля,  
г. Рубежное, e-mail: ankl-80@rambler.ru

**Ключові слова:** оксидні каталізатори, мінеральне волокно, каталітично-стабілізований пальник, спалювання метану.

УДК 662.951.2

## РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ГОРЕЛОК ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ

*Експериментально підтверджена працездатність і надійність розроблених пальників в умовах високих температур і великих термічних навантажень. Результати дослідження показують збільшення ефективності, зниження емісій токсичних газів, стабільну роботу при різних режимах і співвідношеннях компонентів у горючій суміші, термічну стійкість мінерального каталізатора на основі магній-алюміній-хромової шпінелі.*

### Введение

На сегодняшний день проблеме более эффективного и экологически безопасного использования природных ресурсов уделяют большое внимание: модернизируются технологии утилизации промышленных отходов и сточных вод, уменьшается потребление отравляющих окружающую среду

© А. Н. Попович, А. А. Климаш, 2014