

УДК 536.46

**КАСКАДНЫЙ МЕХАНИЗМ МИКРОВЗРЫВОВ КАПЛИ ВОДО-ТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ****В.В. Опятюк**Институт энергетики и компьютерно-интегрированных систем,  
Одесский национальный политехнический университет, Одесса, Украина**Аннотация**

В статье обсуждается вопрос каскадного механизма горения при микровзрывах капли водо-топливной эмульсии (ВТЭ), с существенно различными температурами кипения компонентов. Данные исследования были проведены с целью проверки гипотезы о возможной организации развитой системы множественных микрофакелов с наличием мультиплетного расщепления, названного автором каскадным механизмом микровзрывов капли эмульсии. Материалы статьи содержат детальное описание методики проведения экспериментов и впервые приведены подобные экспериментальные данные. Результаты выполненных исследований могут использоваться при инженерно-технических расчетах на практике для создания горелок, использующих форкамерные технологии, и применяемых для сжигания эмульсий, созданных на основе жидких тяжелых углеводородов. Такие альтернативные топлива (эмульсии из отработанных машинных и пищевых масел) могут заменить штатные топлива (мазут, дизельное топливо, уголь, природный газ), что позволит получать существенный экономический и экологический эффекты.

**Ключевые слова:** термография, микровзрывы, топливо, водород, эмульсия, факел

**Введение**

Известно [1, 2], что при сжигании капель ВТЭ обратного типа, с существенно различными температурами кипения компонентов, глобулы воды, испаряясь, образуют пузырьки пара, которые взрываются внутри оболочки из топлива. Горючее распыляется на мелкие частички, догорая в пространстве. Увеличивающаяся при этом реакционная поверхность способствует большей полноте сгорания и как следствие приводит к уменьшению количества вредных веществ (угарного газа, метана, сажи) в продуктах сгорания.

Полученные экспериментальные данные о световом потоке от взрывающейся в дежурном факеле капли ВТЭ свидетельствуют о нетривиальности частотной характеристики оптического сигнала [3]. Выявлены четко различимые области спектра с существенно различающимися характерными временами процесса. Такое горение может реализоваться в случае последовательно-параллельного расщепления выбросов из объема капли эмульсии. Таким образом, помимо основного факела от капли, может организовываться развитая система множественных микрофакелов с наличием мультиплетного расщепления.

С целью проверки выдвинутого предположения о подобном каскадном механизме микровзрывов капли ВТЭ и изучения кинетики данного процесса была проведена серия экспериментов с подробной визуализацией картины процесса.

**Описание экспериментальной установки**

Для экспериментов были приготовлены образцы эмульсии на основе масла М8В10 с процентным содержанием воды: 10, 20, 30, 40%, – такое содержание воды в мазуте характерно для ситуации при сжигании сильно обводненных мазутов в энергетике [4].

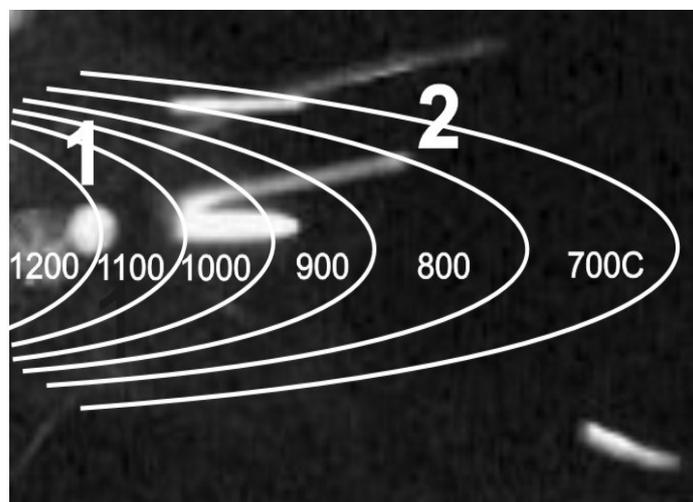
Образцы имели логнормальное распределение частиц воды по размерам с медианными радиусами 7 мкм – данные размеры водных включений определены ранее, как наиболее рациональные в предыдущих исследованиях [5]. Эксперимент проводился по методике подвешенной капли. Капля ВТЭ, диаметром ~ 2 мм, располагалась на подвесе и нагревалась дежурным факелом.

Предварительно, для определения температурных условий, в которые попадают части капли ВТЭ после микровзрывов, было проведено термографирование температурного поля вокруг дежурного факела (рис. 1).

**Методика обработки экспериментальных данных**

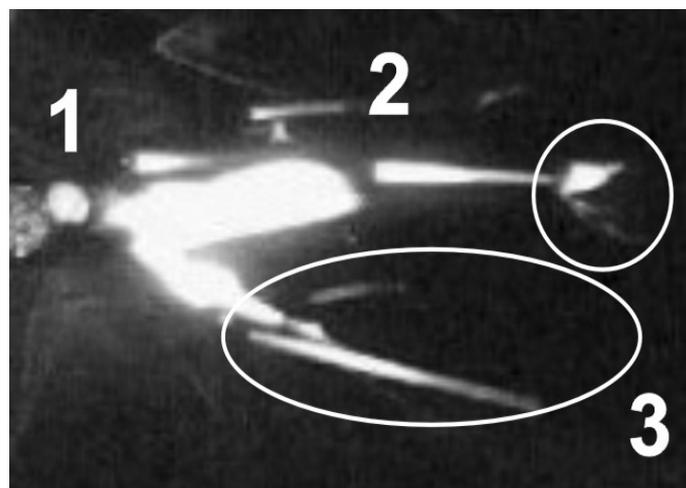
Все процессы фиксировались цифровым фотоаппаратом CANON в режиме видеосъемки с частотой 30 кадров в секунду.

В ходе обработки данных было обнаружено, что каскадное расщепление присутствует для всего ряда исследуемых концентраций воды в эмульсии.



1 – капля на подвесе, 2 – микрофакел вокруг капли

Рис. 1 – Термографирование температурного поля вокруг дежурного факела



1 – капля на подвесе, 2 – микрофакел вокруг капли

Рис.2 – Мультиплетные (каскадные) расщепления 3 отдельных выбросов

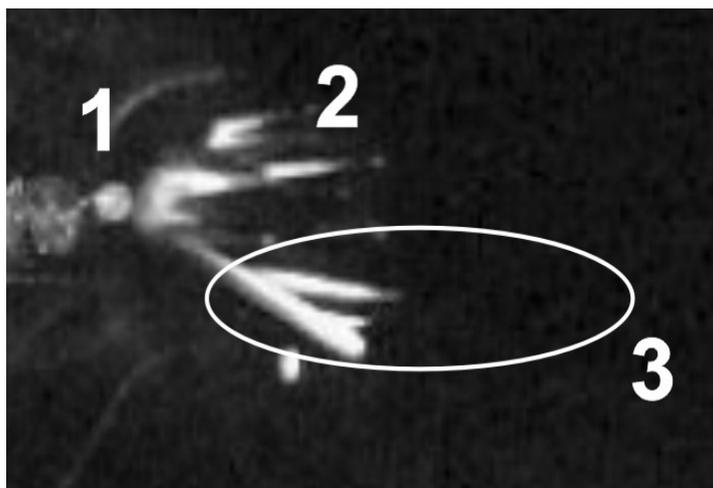
Показательно также, что при нагреве капли эмульсии дежурным факелом наблюдается строгая последовательность событий:

- На стадии прогрева капли ВТЭ до температуры кипения воды поверхность капли не претерпевает никаких изменений;
- После достижения капель температуры кипения водных включений ее объем пульсационно изменяется;

- При этом появляются отдельные микрофакельные выбросы 2 с поверхности горячей, но не горячей капли 1 (рис. 1);

- С ростом температуры капли эмульсии, наблюдаются каскадные расщепления 3 отдельных выбросов (рис. 2);

- После этого микрофакельная система усложняется – появляются одновременные развитые отдельные выбросы 2 с элементами каскадного расщепления 3 (рис. 3);



1 – капля на подвесе, 2 – микрофакел вокруг капли, мультиплетные (каскадные) расщепления 3 отдельных выбросов

Рис. 3 – Развитая микрофакельная система

- В завершении капля взрывным образом разрушается (рис. 4 – 5);

- Одновременного существования факела от капли и системы микрофакелов вокруг нее не зафиксировано.

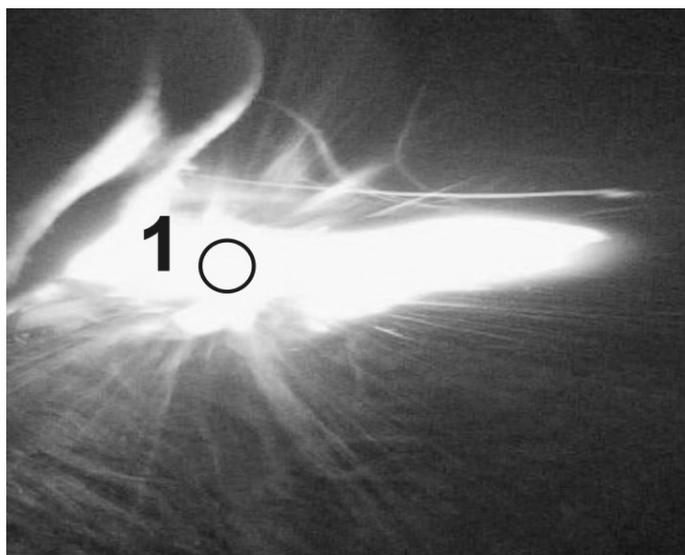


Рис. 4 – Микровзрыв капли – содержание воды в ВТЭ 10%

#### Анализ экспериментальных данных

Была замечена качественная зависимость интенсивности каскадного расщепления от содержания воды в эмульсии. При росте процентного содержания воды в ВТЭ число каскадов увеличивалось. Для эмульсии, содержащей 10% воды, горение каплей сопровождается в основном отдельными выбросами, число каскадов – незначительно.

А для эмульсии, содержащей 40% воды, ситуация обратная. Практически каждый выброс завершается каскадным расщеплением (дуплеты, триплеты и т.д.).

Следует также отметить, что интенсивность микровзрыва для капли эмульсии содержащей 40% воды больше, чем для капли эмульсии содержащей 10% воды. Об этом свидетельствуют более длинные треки горящих частиц на фотографии (рис. 5). А так как интенсивный микровзрыв приводит к срыву фа-

кела, иногда даже дежурного, то при сжигании обводненных топлив следует избегать большого содержания воды, тогда как малые концентрации воды (10-20%) способствуют более полному сгоранию тяжелого углеводородного топлива.

Для объяснения полученных результатов

использовалась теоретическая модель, базирующаяся на квазистационарном подходе к процессам тепломассообмена, происходящими в капле ВТЭ [6]. Данная модель учитывает уменьшение содержания масла и воды, происходящее вовремя периодически повторяющихся сбросов паромасляных оболочек капли.

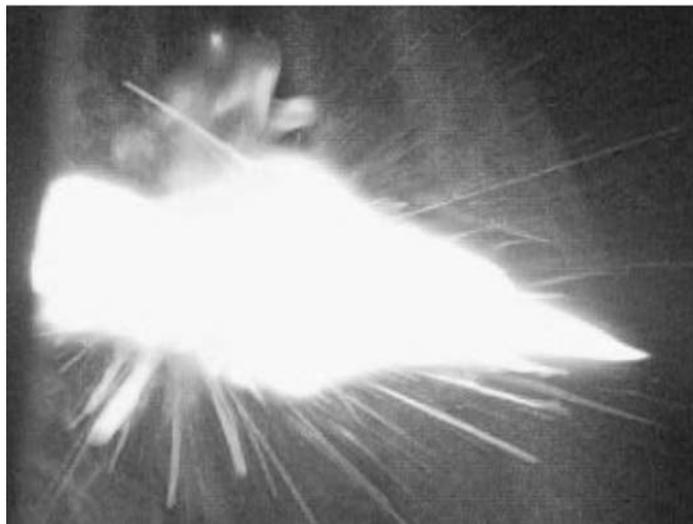


Рис. 5 – Микровзрыв капли – содержание воды в ВТЭ 40%

Расчеты, проведенные по предлагаемой теоретической модели, удовлетворительно совпадают с данными экспериментов.

Результаты выполненных исследований могут использоваться при инженерно-технических расчетах на практике для создания горелок, использующих форкамерные технологии, и применяемых для сжигания эмульсий, созданных на основе жидких тяжелых углеводородов, например, отработанных машинно-моторных масел или отработанных пищевых масел.

### Литература

1. О.Н. Лебедев. Некоторые особенности горения капель водотопливных эмульсий в дизелях. ФГВ, 1978, т. 14, № 2, с. 45.
2. А.Я. Исаков. Некоторые особенности микровзрыва капель водотопливной эмульсии. ФГВ, 1985, т. 21, № 1.

3. Е.Н. Кондратьев, В.В. Опятюк. Времена горения частиц при микровзрывах капли водо-топливной эмульсии. Горение и плазмохимия, 2010, том 8, № 3, Алма-Ата, Казак университет, с.200-223.

4. В.М. Чмель, И.П. Новикова, Е.М. Кондратьев, В.В. Опятюк. «Использование жидких углеводородных смесей техногенного происхождения в качестве топлива в печах и котлоагрегатах промышленной и коммунальной энергетики.» Возобновляемая энергетика. № 1, 2009, Киев, с. 11-16.

5. Е.Н. Кондратьев, В.В. Опятюк, К.И. Семенов. Пульсационный режим испарения капли водо-топливной эмульсии. Физика аэродисперсных систем, 2003, № 40, Одесса, Астропринт, с. 71-81.

6. Е.Н. Кондратьев, В.В. Опятюк. Некоторые особенности испарения капель водотопливной эмульсии при пульсационном режиме. Физика аэродисперсных систем, 2004, № 41, Одесса, Астропринт, с 190-195.

THE CASCADE MECHANISM OF MICRO IMPLOSIONS  
DROPS OF WATER-FUEL EMULSION

V.V. Opyatyuk

Odessa national Polytechnic University, Institute of power engineering and computer-integrated systems  
65044, Odessa, Ukraine, Shevchenko Ave, 1

**Abstract**

The article discusses the issue of the cascade mechanism of combustion in the micro explosions drops of water-fuel emulsions (VTE), with significantly different boiling points of the components. These studies were conducted to test hypotheses on the possible organization of a developed system of multiple micro facial with the presence of multi-blade block splitting, called the author a cascade mechanism of implosions emulsion drops. The article contains a detailed description of the methodology of experiments and the similar experimental data. The results of the research can be used in engineering calculations to create burners that use pre-chamber technology, and used for burning of emulsions created on the basis of heavy liquid hydrocarbons. Such alternative fuel (emulsion from spent engine oil and edible oil) can replace regular fuel (fuel oil, diesel fuel, coal, natural gas), which will provide significant economic and environmental effects.

**Keywords:** thermography, micro-explosions, fuel, hydrogen, emulsion, torch

---

СУ-ЖАНАРМАЙ ЭМУЛЬСИЯ ТАМШЫСЫНДАҒЫ МИКРОЖАРЫЛЫСТЫҢ  
КАСКАДТЫ МЕХАНИЗМІ

В.В. Опятюк

Одесса ұлттық политехникалық университетінің  
энергетика және компьютерлік-біріктірілген жүйелердің институты

**Аннотация**

Мақалада компоненттердің әр түрлі қайнау температуралы айтарлықтай болатын, су-жанармай эмульсия (СЖЭ) тамшысындағы микрожарылыс кезіндегі каскадты жану механизмінің сұрақтары талқыланды. Зерттеу нәтижелері мультиплетті ыдырау арқылы көптеген микрофакелдердің дамыған жүйелерін ұйымдастыру мүмкіндігі туралы гипотезаны тексеру мақсатында жүргізілді, тамшы эмульсиясының микрожарылыстарын автор каскадты механизмдер деп атаған. Мақала материалдары тәжірибені жүргізу әдістемесін нақты сипаттаудан тұрады және тәжірибелік мәндер алғашқы рет көрсетілген. Жүргізілген зерттеу нәтижелері сұйық ауыр көмірсутек негізінде жасалған эмульсияларды жағу үшін пайдаланылатын және форкамералы технологияны қолданатын, жанғыштар құрастыру үшін тәжірибеде инженерлік-техникалық есептеулер кезінде қолданылуы мүмкін. осындай алтернативті жанармайлар (қолданылған тағамдық және көліктік майлардың эмульсиясы) штатты жанармайларды (мазут, дизель жанармайы, көмір, табиғи газ) ауыстыруы мүмкін. Осындай мүмкіндіктер экономикалық және экологиялық эффектіні алуға септігін тигізеді.

**Түйінді сөздер:** термография, микрожарылыстар, отын, сутегі, эмульсия, алау