

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УДАРНО-ВИХРЕВОГО ЭМУЛЬСАТОРА В СИСТЕМАХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВОДО-ТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

А.Н. Качанов, Н.Н. Худокормов

В статье приведены результаты исследования качества приготовления водомазутной эмульсии в ударно-вихревом эмульсаторе. Основа работы конструкции эмульсатора базируется на явлении кавитации для обработки и получения качественной водотопливной эмульсии. Получены зависимости качества эмульсии от температуры, цикличности приготовления эмульсии и частоты вращения ротора эмульсатора.

Ключевые слова: Мазут тяжелой марки, водотопливные эмульсии, диспергаторы кавитации, ударно-вихревой эмульсатор, дисперсность эмульсии.

При организации сжигания жидкого топлива особенно мазута тяжелой марки для комплексного решения проблем энергоэффективности и повышения экологической безопасности объектов тепловой энергетики наиболее предпочтительнее использовать организацию сжигания жидкого топлива в виде водотопливных эмульсий. Основным процессом при применении данной технологии является собственно приготовление эмульсий [1, 2, 3, 4]. Из всего многообразия [5] аппаратов по приготовлению эмульсий с точки зрения наибольшей эффективности и качества обработки среды нашли диспергаторы кавитации. К ним относятся ударно-вихревые смесители эмульсаторы [6].

Исследования различных авторов, которые были проведены на механических объемных мешалках [1, 2, 4, 7] показывают, что качество получения водо топливной эмульсии зависит от следующих факторов: вязкости среды, время контакта обрабатываемой среды со смесительными элементами. Критерии оценки качества получаемой водотопливной эмульсии [4, 7] – однородность, которая оценивается одинаковыми диаметрами капель воды в топливе и дисперсностью полученной водо-топливной эмульсии.

Наиболее предпочтительнее сегодня использовать для получения качественной эмульсии явление кавитации [1, 2, 3, 4].

Для поточных схем приготовления водотопливных эмульсий был разработан ударно-вихревой эмульсатор [6], в основе работы которого используется явление кавитации для обработки и получения качественной водотопливной эмульсии. Исследования данной конструкции были проведены на реальном энергетическом объекте

В данной статье приведены результаты исследования по выявлению на качество эмульсий применение ударно-вихревого эмульсатора в зависимости от: частоты вращения ротора, времени обработки эмульсии, температуры подогрева эмульсии. Опыты проводились на опытно-промышленном ударно-вихревом эмульсаторе, состоящем из четырех секций. В конце каждой улиткообразной камере в корпусе секции был выполнен пробоотборник, который позволял выполнить отбор пробы эмульсии и провести ее анализ при помощи микрофотографии.

Широкое применение для определения дисперсных характеристик эмульсий получил дисперсионный анализ методом оптической микроскопии [8]. Данный метод был использован для определения дисперсных характеристик водомазутных эмульсий. Применялся оптический микроскоп «Биолам-Р 14», оборудованный микрофотонасадкой МФН-12, предназначенный для фотографирования структуры анализируемого объекта. Применение микрофотонасадки оправдано большим количеством исследуемых проб, а так же возможностью проведения измерений по увеличенному изображению объекта на фотоотпечатках. При этом можно исследовать частицы любых размеров в пределах разрешающей способности микроскопа, и, кроме того, сохраняются документальные подтверждения результатов анализа и иллюстративный материал для морфологического описания препарата.

Отбор проб и подготовка препаратов водомазутных эмульсий производились в соответствии с [1, 2]. В качестве измерительного приспособления использовались окулярные шкалы и объект-микрометр ОМП с ценой деления 10 мкм.

Погрешность метода в значительной мере зависит от индивидуальных особенностей исследователя. Подробная оценка погрешности метода приведена в работе [8] и составляет $\pm 10-20\%$.

Опыты проводились при соблюдении следующих условий:

- постоянный расход среды;
- постоянном водотопливном соотношении $10 \pm 0,5\%$.
- в качестве среды использовалась предварительная смесь грубой водотопливной эмульсии из сернистого мазута марки М100 с добавлением подтоварных пром. стоков.

Качество эмульсии в данной работе оценивалось по минимизации диаметра водяных включений и однородности водотопливных эмульсий.

Серия опытов была разбита на ряд этапов:

Определение качества эмульсии после каждой секции при постоянной температуре среды 373 К и частоты вращения ротора эмульсатора 450, 800, 1450 об/мин.

Определение влияния температуры на качество водотопливной эмульсии при частоте вращения ротора равном 1450 об/мин.

Влияние кратности обработки эмульсии при частоте вращения ротора эмульсатора равном 1450 об/мин.

На рис.1 – рис. 3 показаны кривые дисперсности, характеризующие качество эмульсии в зависимости от числа оборотов ротора эмульсатора, кратности обработки, температуры среды. Характер изменения кривых везде носит одинаковый характер изменения.

Графики влияния температуры на качество приготовления эмульсии в зависимости от температуры среды приведены на рис. 1.

Кривая 1 соответствует температуре среды $+60^\circ\text{C}$, кривая 2 соответствует температуре среды $+80^\circ\text{C}$. Анализ графиков на рис.1 показывает, что при температуре обрабатываемой среды $+60^\circ\text{C}$ капли диаметром более 10 мкм составляет 50 %, тогда как при температуре среды $+80^\circ\text{C}$ капли диаметром более 10 мкм составляет 15 %. При температуре обрабатываемой среды $+60^\circ\text{C}$ капли диаметром более 20 мкм составляет 34 %, тогда как при температуре среды $+80^\circ\text{C}$ капли диаметром более 20 мкм составляет 5 %.

Кривая 1 соответствует температуре среды $+60^\circ\text{C}$, кривая 2 соответствует температуре среды $+80^\circ\text{C}$. Анализ графиков на рис.1 показывает, что при температуре обрабатываемой среды $+60^\circ\text{C}$ капли диаметром

более 10 мкм составляет 50 %, тогда как при температуре среды $+80^\circ\text{C}$ капли диаметром более 10 мкм составляет 15 %. При температуре обрабатываемой среды $+60^\circ\text{C}$ капли диаметром более 20 мкм составляет 34 %, тогда как при температуре среды $+80^\circ\text{C}$ капли диаметром более 20 мкм составляет 5 %.

Сравнение площади (рис.1) под кривыми позволяет сделать вывод об однородности получаемой ВТЭ. При температуре среды $+60^\circ\text{C}$ площадь под кривой 1 значительно больше чем площадь под кривой 2 которая соответствует температуре $+80^\circ\text{C}$.

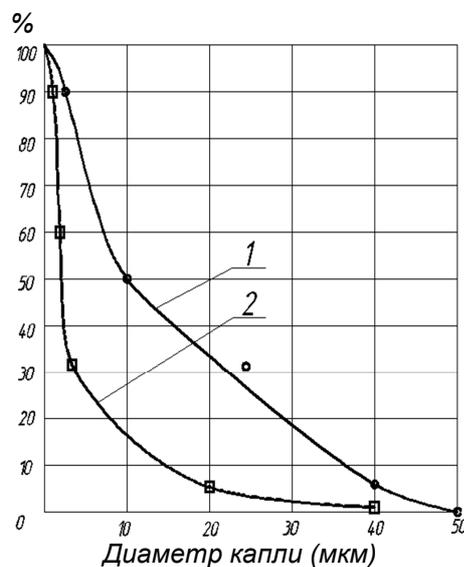


Рисунок 1 - Качество приготовления эмульсии в зависимости от температур (первая секция эмульсатора): кривая 1, температура эмульсии 60°C ; кривая 2, температура эмульсии 80°C .

Графики влияния частоты вращения ротора на качество приготовления эмульсии в зависимости от частоты вращения последнего приведены на рис. 2. Все графики получены при температуре среды $+80^\circ\text{C}$. Наиболее характерно это можно показать на примере дисперсного анализа после первой секции. Как видно из графиков, за базовые частоты вращения ротора использовались следующие величины – 450 об/мин, 800 об/мин, 1450 об/мин.

Кривая 1 получена при частоте вращения ротора – 450 об/мин., кривые 2 и 3 соответствуют частоте вращения ротора соответственно – 800 об/мин и 1450 об/мин.

Изменение диаметра капель в зависимости от частоты вращения ротора характеризуется следующими величинами:

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УДАРНО-ВИХРЕВОГО ЭМУЛЬСАТОРА В СИСТЕМАХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВОДО-ТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

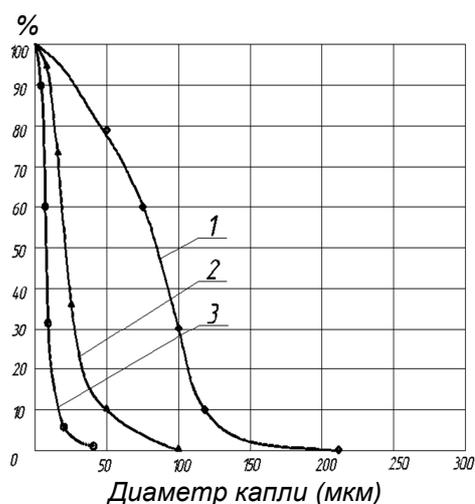


Рисунок 2 - Дисперсность эмульсии в зависимости от частоты вращения ротора при температуре + 80 °С, после первой секции: кривая 1 - частота вращения ротора 450 об/мин; кривая 2 - частота вращения ротора 800 об/мин; кривая 3 - частота вращения ротора 1450 об/мин.

Диаметр капель более 25 мкм при частоте вращения ротора 450 об/мин составляет 95% и более %, при частоте вращения ротора 800 об/мин составляет более 45 %, при частоте вращения ротора 1450 об/мин составляет более 5 %.

Диаметр капель более 40 мкм при частоте вращения ротора 450 об/мин составляет 80 и более %, при частоте вращения ротора 800 об/мин составляет более 10 %, при частоте вращения ротора 1450 об/мин составляет 0 %.

Сравнение площади (рис.2) под кривыми позволяет сделать вывод об однородности получаемой ВТЭ. При частоте вращения ротора 1450 об/мин полученная эмульсия более однородная, чем при частоте вращения ротора 800 об/мин и соответственно при 450 об/мин, что хорошо видно при сравнении площадей под кривыми на рис. 2.

Влияние кратности обработки грубой эмульсии на качество приготовления эмульсии было исследовано при частоте вращения ротора 1450 об/мин и температуре среды + 80 °С. Задача части данных исследований заключалась в получении однородной эмульсии при применении многокамерного ударно-вихревого смесителя эмульсатора.

На рисунке 3 – кривая 1 соответствует обработке эмульсии после первой секции эмульсатора, кривая 2 соответствует обработке эмульсии после второй секции эмульсатора, кривая 3 и кривая 4 соответствуют

обработке эмульсии соответственно после третьей и четвертой 3 и 4 секции эмульсатора.

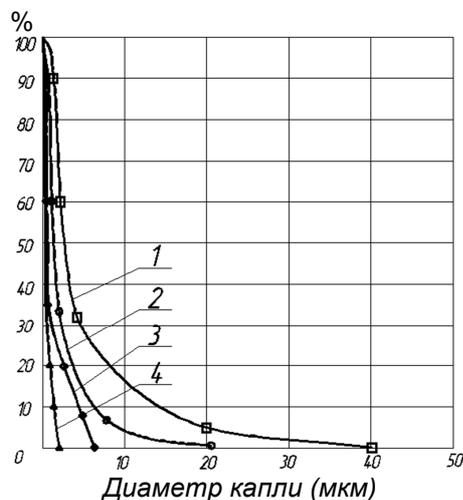


Рисунок 3 - Кратность обработки ВТЭ при t= 80 °С, при частоте обработки 1450 об/мин: кривая 1 - дисперсность эмульсии после первой ступени эмульсатора; кривая 2 - дисперсность эмульсии после второй первой ступени эмульсатора; кривая 3 - дисперсность эмульсии после третьей ступени эмульсатора; кривая 4 - дисперсность эмульсии после четвертой ступени эмульсатора.

Из графика следует, что наиболее качественная эмульсия образуется с частотой вращения ротора 1450 об/мин. Если рассмотреть качество эмульсии после одной секции то, при частоте вращения ротора 450 об/мин капли с диаметром 100 мкм 30 %, при частоте вращения ротора 1450 об/мин капли с диаметром 5 мкм 30 %. Дальнейшая обработка эмульсии последовательно в других секциях делает ее более однороднее. Причем это заметно при увеличении частоты вращения ротора эмульсатора получение эмульсии идет по направлению улучшению однородности и снижению диаметра капель эмульсии.

Влияние кратности эмульсии на ее качество показано на рис. 3. Кривые приведены при температуре +80 град и частоте вращения ротора ударно-вихревого эмульсатора 1450 об/мин. Так после первой секции устройства диаметр капель имеет более широкий диапазон от 40 мкм до 1 мкм. Причем диаметр капель 1 мкм составляет всего не более 10 %. В то время как после второй секции эти величины соответственно составляют 20 мкм а диаметр капель 1 мкм не более 30 %.

Третья секция соответственно – 7 мкм и 1 мкм 28 % Четвертая секция соответственно 2 мкм и не менее 90 имеют диаметр 1 мкм. Из характера кривых можно сделать вывод, что наиболее качественная и однородная эмульсия получается при четырехкратной обработке среды.

Указанные выше полученные результаты при применении других устройств [2, 3, 4, 7]. имеют аналогичные зависимости по качеству эмульсии в зависимости от температуры, чистоты вращения смесительного органа, влияния времени обработки.

При работе ударно-вихревого эмульсатора в системе приготовления эмульсии перед котлом давление топлива в ней увеличилось в 1,6 раза.

Данная конструкция эмульсатора ударно-вихревого эмульсатора была применена в поточных схемах приготовления ВТЭ.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований установлено, что для приготовления качественных водотопливных эмульсий применение ударно-вихревого эмульсатора наиболее эффективно при следующих параметрах его работы:

- температура обрабатываемой водотопливной эмульсии должна быть не менее + 80 °С;

- частота вращения ротора ударно-вихревого эмульсатора должна быть 1450 об/мин.

- Кратность обработки водотопливной эмульсии должна быть не более 4, так как дальнейшая увеличение кратности обработки эмульсии не приведет к существенному улучшению качества последней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Худокормов, Н.Н. Б.М. Кривоногов. Пути комплексного подхода для решения вопросов энергосбережения и повышения экологической безопасности котельных с котлами малой и средней мощности [Текст] / Н.Н. Худокормов, Б.М. Кривоногов // В сб. IV МНТК Медико-экологические информационные технологии, 22-23 мая 2001 г: Курск. – 2001.- С. 86-92.

2. Худокормов, Н.Н. Б.М. Кривоногов. Энергосбережение и повышение экологической безопасности в котельных малой и средней мощности [Текст] / Н.Н. Худокормов, Б.М. Кривоногов // В сб. Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности. Материалы третьей Российской научно-технической конференции. 24-25 апреля 2001г. – Ульяновск, 2001. – С. 183-187.

3. Кривоногов, Б.М. Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды. [Текст] / Б.М. Кривоногов. -Л.: Изд-во «Недра», 1986.

4. А.Н. Воликов, А.Н. Сжигание газового и жидкого топлива в котлах малой мощности. [Текст] /А.Н. Воликов.- Л.: Изд-во «Недра»,1989.-160 с.

5. Грабовский А.М., Иванов В.М., Иванов К.Ф., Нужин Е.В., Классификация диспергаторов // Химическое и нефтяное машиностроение. 1977, № 6, с. 41-42.

6. А.С. № 1411015 «Смеситель-эмульсатор» 23.07.88. Бюл. № 27, Авторы: Б.М. Кривоногов, Н.Н. Худокормов, В.И. Шаврин.

7. Батуев, С.П. Снижение вредных выбросов при сжигании газа и мазута в производственно-отопительных котлах типа ДКВР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ленинград 1987 г.

8. Градус Л. Я., Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии.- М., 1979.

Качанов А.Н. – «Госуниверситет – УНПК», заведующий кафедрой «Электрооборудование и энергосбережение», д.т.н., профессор, тел. (4862)432188,
E-mail: kan@ostu.ru