

ское состояние поверхности при испарении / А. В. Бальчугов, И. А. Семенов, Е. В. Подоппелов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. – 2005. – Т. 1. – № 1. – С. 31–37.

8. **Бальчугов, А. В.** Массообмен при испарении жидкости в поток газа / А. В. Бальчугов, И. А. Семенов, Е. В. Подоппелов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. – 2005. – Т. 1. – № 1. – С. 38–45.

9. **Дильман, В. В.** Диффузионно-тепловая неустойчивость Марангони при абсорбции с химической реакцией / В. В. Дильман, Н. Н. Кулов, В. И. Найденев // Теоретические основы химической технологии.

– 1999. – Т. 33. – №5. – С. 495.

10. **Подоппелов, Е. В.** Математическое моделирование термогравитационной и термокапиллярной конвекции в газожидкостных процессах / Е. В. Подоппелов, А. В. Бальчугов, А. И. Дементьев, А. А. Глотов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. – 2021. – Т. 1. – № 18. – С. 58–66.

11. **Podoplelov, E. V.** Simulation of the evaporation process of 1,2-dichloroethane into nitrogen / E. V. Podoplelov, A. V. Balchugov, A. I. Dementev, A. S. Ryabov // Journal of Physics: Conference Series. 13. "Computer-Aided Technologies in Applied Mathematics". – 2020. – P. 012041.

УДК 621.181

Подоппелов Евгений Викторович,

*к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Машины и аппараты химических производств»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: uch_sovet@angtu.ru*

Качан Константин Петрович,

*обучающийся, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: kachan840@gmail.com*

Петрушина Анна Дмитриевна,

*обучающаяся, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: tut.ann4@yandex.ru*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОМАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Podoplelov E.V., Kachan K.P., Petrushina A.D.

EFFICIENCY OF USING WATER-OIL EMULSIONS IN POWER PLANTS

Аннотация. В работе предлагается новая проточная схема получения водомазутной эмульсии с непрерывно действующим узлом смешения. Проведенные исследования процесса получения водомазутной эмульсии в аппарате с вибромешалкой подтвердили высокую эффективность диспергирования (дробления воды на микрокапли). Новая схема получения водомазутной эмульсии может быть использована в котельных и на ТЭЦ.

Ключевые слова: водомазутная эмульсия, способы диспергирования, аппарат с вибромешалкой, энергетические установки, топливо.

Abstract. The paper proposes a new flow-through scheme for producing a water-oil emulsion with a continuously operating mixing unit. The conducted studies of the process of obtaining a water-oil emulsion in an apparatus with a vibrating mixer confirmed the high efficiency of dispersion (crushing water into microdrops). The new scheme for producing a water-oil emulsion can be used in boiler houses and thermal power plants.

Keywords: oil-and-water emulsion, dispersion methods, apparatus with a vibrating mixer, power plants, fuel.

Одним из рациональных способов использования жидкого топлива в энергетических установках является сжигание его в виде эмульгированной смеси с водой. Термодинамический анализ процесса горения водотопливных эмульсий с содержанием воды

от 10 % до 30 %, при коэффициенте избытка воздуха $\alpha=1$ и температуре 1000-1500 К показал, что содержание CO, H₂, CH₄ в продуктах сгорания практически равно нулю, т.е. присутствие воды не снижает полноты сгорания мазута. Наличие воды в топливе при-

водит к явлению, называемому микровзрывом, при котором происходит вторичное, более тонкое дробление частиц топлива и более совершенное перемешивание его с окислителем. Это, в свою очередь, повышает скорость горения, приводит к уменьшению расхода воздуха, подаваемого в топку, и уменьшает сажеобразование [1].

При сжигании мазута на котельных и ТЭЦ приходится сталкиваться с проблемами, которые влияют на надежность работы энергетического оборудования и приводят к неоправданным затратам топлива и загрязнению атмосферы. Следует отметить следующие проблемы:

- обводнение мазута при разгрузке, транспортировке, хранении и поддержании в горячем резерве неизбежно при используемых технологиях. После того, как вода отстоится, она может быть слита из емкости, но лишь частично. Значительная ее доля неравномерно распределяется по объему мазута, что и является причиной проблем, возникающих при горении топлива;

- ухудшение качества поставляемого в настоящее время мазута вследствие интенсификации переработки нефти (с целью получения большего количества светлых продуктов), приводит к повышению вязкости и температуры вспышки мазута. Использование вязких и тяжелых мазутов сопряжено со значительными трудностями как при хранении, так и при сжигании;

- старение мазута в процессе длительного хранения. Из мазута испаряются легкие фракции, что приводит к повышению его вязкости и температуры вспышки. Как правило, после 2-3 лет хранения сжигание такого мазута становится проблематичным, и его приходится заменять более свежим, со всеми неизбежными затратами;

- загрязнение окружающей среды продуктами сгорания мазута (оксиды азота, сажа, бенз(а)пирен) и сбросными водами, содержащими нефтепродукты;

- отложения сажи, копоти и кокса из-за неполного сгорания топлива, что вынуждает останавливать котлы для профилактических работ каждые 20-25 дней;

- удаление воды из объема мазута сопряжено с потерями времени и дополнительными денежными затратами.

Указанные проблемы снимаются путем приготовления стойких длительное время водотопливных эмульсий. Стойкость эмульсий во многом определяется размером и равномерным распределением по объему топлива микрокапель воды.

Существуют следующие способы диспергирования (дробления воды на микрокапли):

1. Механические способы, заключающиеся в физическом дроблении частиц воды с помощью различных диспергаторов. При этом качество получаемой эмульсии не высокое, она имеет ограниченную стабильность. Однако, вследствие простоты, надежности и малой стоимости данные методы получили наибольшее распространение в эксплуатационной практике. Отечественная промышленность, например, выпускает гомогенизатор роторный типа ГРП-1.

2. Акустические способы. Они представлены звуковыми генераторами и, так называемыми ультразвуковыми свистками. К достоинствам следует отнести высокую дисперсность получаемой эмульсии. Степень диспергирования достаточно высока, размер частиц воды получается до 2...8 мкм, стойкость получаемой эмульсии до 2 суток. Отечественная промышленность выпускает смесители-дозаторы типа УЗГС-5000, ультразвуковые гидродинамические генераторы кавитации типа УЗДН-2Т.

3. Отдельной группой следует представить смесители, работающие по принципу диспергации и гомогенизации путем создания высокоскоростных потоков жидкости. Например, сопловой смеситель-диспергатор эжекционного типа ССТ-1.4, гомогенизатор клапанного типа ГТС-1.5.

4. Гидродинамические способы. Для дробления водно-топливной эмульсии используются гидродинамический удар и энергия впрыскивания топлива форсунками со сверхзвуковыми скоростями. Эти способы обеспечивают приготовление высококачественных эмульсий.

В работе предлагается достаточно простая проточная схема получения водомазутной эмульсии с непрерывно действующим узлом смешения, изображенной на рисунке 1.

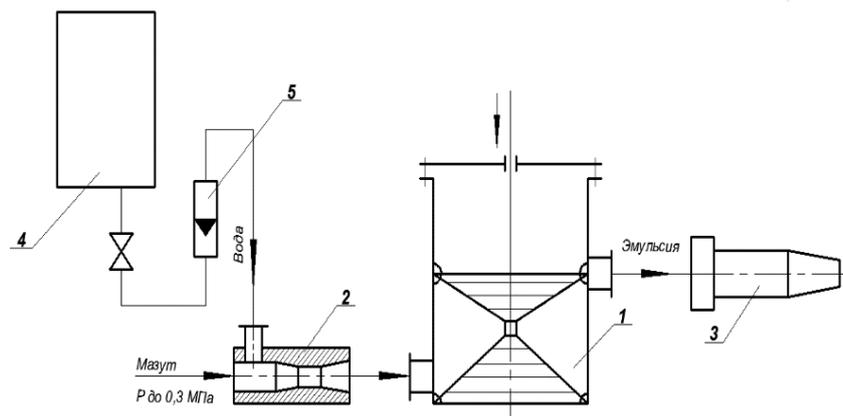


Рисунок 1 - Схема установки для получения водомазутной эмульсии:

1 – аппарат с вибромешалкой (диспергатор); 2 – инжектор; 3 – форсунка; 4 – напорный бак; 5 – ротаметр

Установка работает в проточной системе подачи мазутного топлива с непрерывно действующим узлом эмульгирования. Инжектор выполняет функции насоса для воды и обеспечивает предварительное грубое смешение потоков [2]. Грубое перемешивание позволяет ускорить диспергирование воды в потоке мазута, тем самым улучшить качество получаемой эмульсии. Подача воды из напорного бака исключает случайное попадание мазута в водную магистраль. Расход воды контролируется с помощью ротаметра. Эмульгирование мазута с водой осуществляется в аппарате с пружинной вибромешалкой [3].

Конструкция аппарата с вибромешалкой представлена на рисунке 2.

Рабочим органом мешалки являются две конические пружины, закрепленные в поджатом состоянии. Это обеспечивает определенный запас потенциальной энергии, облегчающий работу привода при противофазном перемещении пружин. Кроме того, при такой компоновке пружины играют роль амортизатора, уменьшающего воздействие на стационарные узлы аппарата. Такая мешалка не возбуждает импульсы в непрерывном потоке. Поэтому осуществляется непрерывная подача топлива на форсунку и не нарушается стабильность процесса горения.

Для удобства обслуживания мешалка монтируется на крышке аппарата, при этом закрепление последних витков пружины, находящихся в основании конуса, осуществляется на двух стойках, которые, в свою очередь, прикреплены к крышке.

Коническая форма пружины позволяет

перемешивать среду равномерно по всему поперечному сечению объема [4-5]. При этом перемешивание осуществляется благодаря инжекционно-эжекционному эффекту при проходе жидкости через изменяющийся зазор между витками пружин. Противофазное перемещение пружин позволяет аккумулировать энергию в процессе возвратно-поступательного движения штока, что содействует снижению энергозатрат смесителя. Передача вибрации на аппарат минимальна.

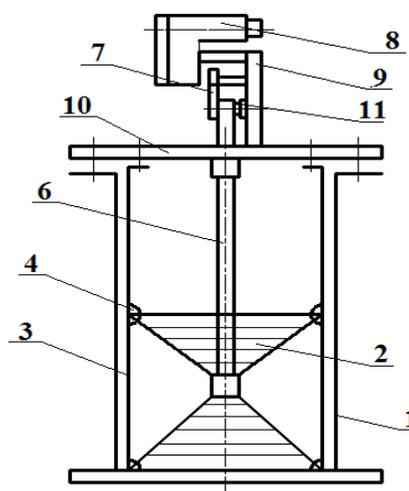


Рисунок 2 – Аппарат с вибромешалкой:

1 – корпус; 2 – мешалка; 3 – стойка для фиксации пружин; 4 – фиксаторы; 5 – сальниковое уплотнение; 6 – шток; 7 – кривошипно-шатунный механизм; 8 – двигатель постоянного тока; 9 – опора; 10 – крышка аппарата; 11 – направляющая штока

Такая сборка не только облегчает обслуживание, но и позволяет использовать пе-

ремешивающее устройство в разных сосудах.

В работе [4] были проведены исследования процесса получения качественной эмульсии. Опыты проводились в условиях, близких к реальным, а именно, при температуре 60-80 °С и содержании воды в мазуте 10 %. Наблюдения проводились визуально и с помощью микрофотографирования через 10, 15 и 20 с начала перемешивания. Перемешивание в течение 10 с обеспечивает наличие сравнительно крупных капель воды в мазуте, в то же время при смешении в течение 15 и 20 с получаемая эмульсия значительно тоньше и максимальные размеры капель не превышают 15 мкм. Сравнение микрофотографий, выполненных через 15 и 20 с перемешивания, не выявило существенной разницы в размерах и распределении частиц.

Поэтому можно принять необходимое время получения водомазутной эмульсии 15 с.

В настоящее время изготовлена и испытана в промышленных условиях установка получения водомазутной эмульсии для форсуночных печей малой производительности, которая характеризуется следующими показателями: расход мазута – 60-70 кг/час; содержание воды в эмульсии – 8-10 %; частота колебаний мешалки – 2,5-5 с⁻¹; мощность электродвигателя – 0,15 кВт.

Таким образом, использование проточной схемы получения водомазутной эмульсии с непрерывно действующим узлом смешения позволит повысить надежность работы энергетического оборудования, снизить расход топлива и уменьшить выбросы экологически вредных веществ в атмосферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Комиссаров, Л. А.** О перспективах применения обводненных топлив в виде эмульсий на тепловых электростанциях. // Л. А. Комиссаров, В. М. Иванов, Б. Н. Сметанников, В. С. Леваневский // Новые методы сжигания топлива и вопросы теории горения. – М. : Наука, 1972. – С. 103 – 111.

2. **Соколов Е. Я.** Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Н. М. Энгер. – Москва : Эдиториал УРСС, 1989. – 352 с.

3. **Авторское свидетельство № 1134227 СССР, МПК В01F 11/00 (2006.01).** Вибромешалка : № 3530603 : заявл. 04.01.1983 : опубл. 15.01.1985 / Салькова А.

Г., Кольчуганов В. Н., Кулик Н. Н. ; заявитель Салькова А. Г. – 2 с. : ил. – Текст : непосредственный.

4. **Салькова, А. Г.** Об использовании перемешивающих устройств в химической технологии / А. Г. Салькова, Е. В. Подоплелов // Сборник научных трудов Ангарской гос. техн. академии – Ангарск : АГТА, 2011. – Т. 1. – № 1. – С. 94-97.

Миткеев А. А. Выбор оптимальной конструкции перемешивающего устройства / А. А. Миткеев, А. И. Дементьев, Е. В. Подоплелов // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2022. № 9. С. 37-38.