

О. В. Кравченко, канд. техн. наук
И. Г. Суворова, д-р техн. наук
И. А. Баранов,
 канд. физ.-мат. наук

Институт проблем машино-
 строения им. А. Н. Подгорного
 НАН Украины, г. Харьков,
 e-mail: krav@ipmach.kharkov.ua

УДК. 665.6

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОКАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА И СЖИГАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОПЛИВ

Подано метод визначення ефективності гідрокавітаційної активації вуглеводневоємних композиційних палив в технологіях їх виробництва та спалювання. Для цього введено поняття показника ефективності роботи кавітаційного обладнання, який дозволяє визначати режими гідрокавітаційної обробки паливних емульсій залежно від необхідної якості кінцевого одержуваного продукту.

Ключові слова: гідрокавітаційна активація, коефіцієнт ефективності кавітаційного впливу, композиційні палива.

Истощение запасов углеводородов, низкая эффективность переработки нефти, а также высокая цена целевых продуктов (бензин, дизельное топливо, мазут и др.) ставят актуальные задачи рационального использования нефтепродуктов и их частичной замены возобновляемыми источниками энергии и разнообразными отходами. Решением данных задач могут быть технологии создания и сжигания композиционных эмульсионных и суспензионных топлив [1–3] на основе некондиционных углеводородов, в частности застаревшего мазута, танкерных смывов, кубовых остатков, а также угля, биомассы и отходов различного происхождения. Наиболее эффективными методами создания высококачественных эмульсий и суспензий являются кавитационные. Кроме того, кавитационная обработка обеспечивает протекание химических процессов [4, 5], таких, как гидролиз, гидрогенизация, гидрокрекинг, благодаря чему улучшаются потребительские свойства композиционных топлив. Кавитация – это процесс образования пузырьков газовой фазы в жидкой среде при пониженных локальных давлениях, которые при попадании в зону с более высоким давлением схлопываются с образованием высокоскоростных кумулятивных струек. В этом случае, при наличии водной фазы в эмульсии, молекулы воды переходят в возбужденное состояние и расщепляются на H^+ и гидроксильную группу OH^- . Температура и давление в зонах схлопывания кавитационных пузырьков обеспечивают протекание вышеречисленных химических реакций. Следует отметить, что данное утверждение работает только в условиях предварительной высококачественной ультрадисперсной гомогенизации эмульсии «вода-углеводород». В противном случае процессы диспергирования протекают в макрообъемах каждого из

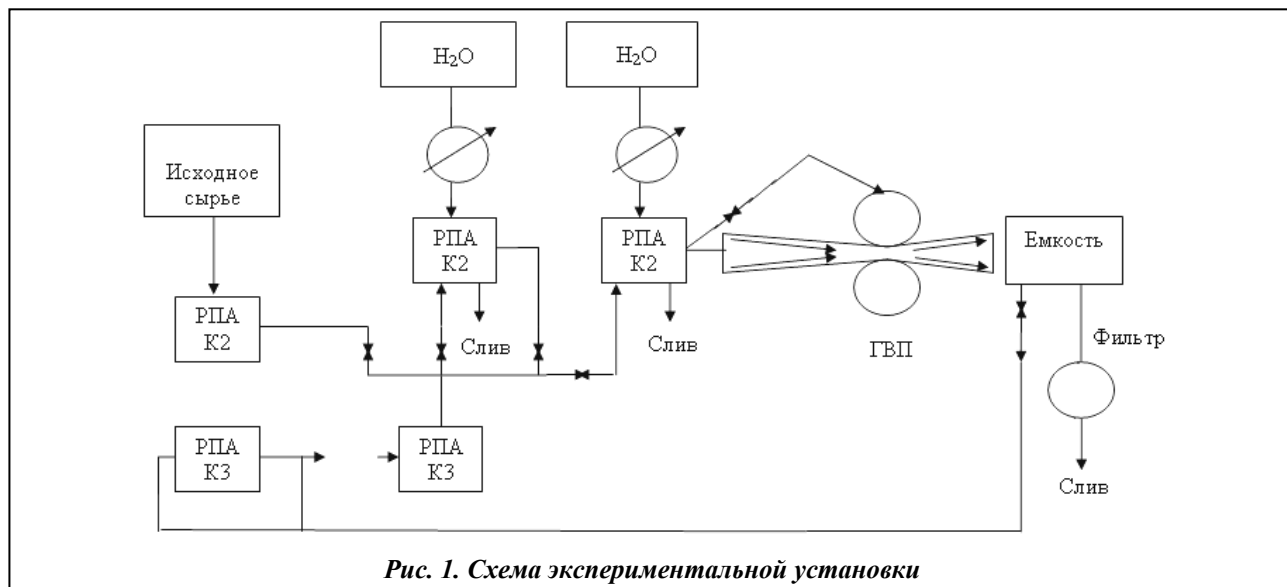


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

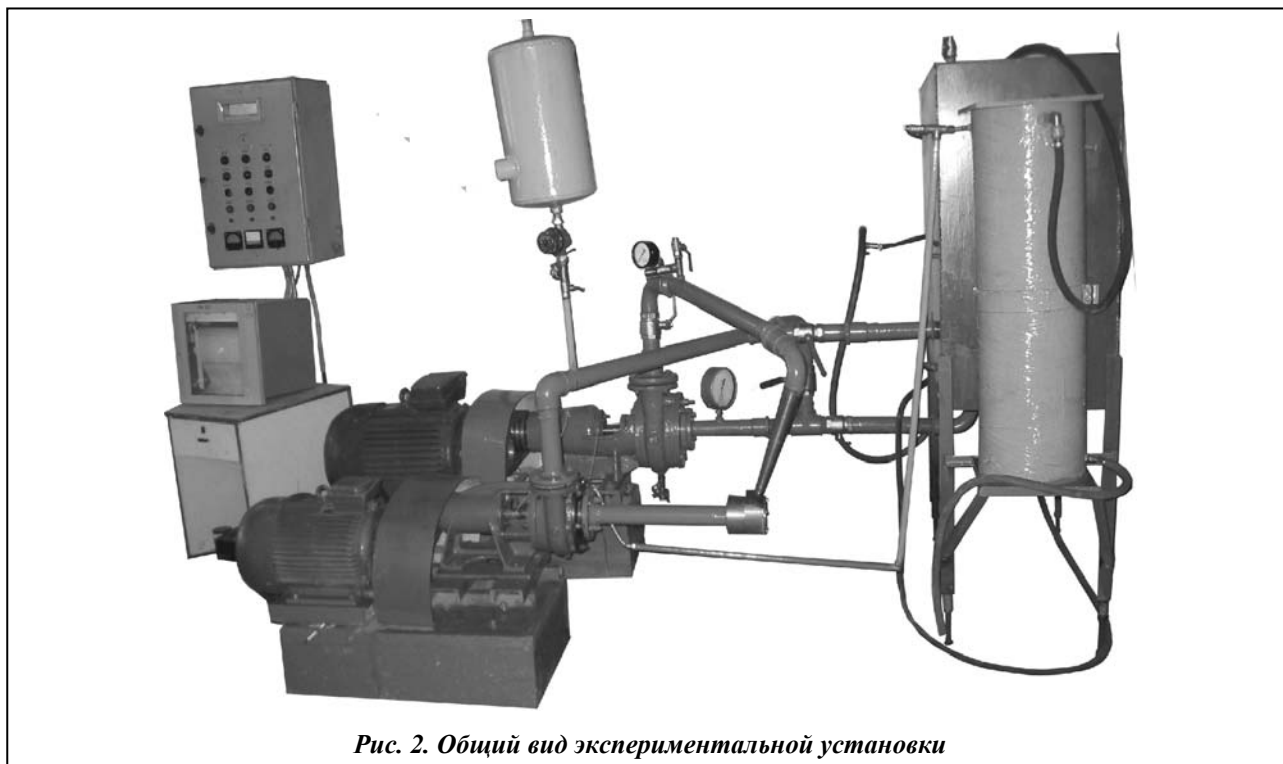


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

составляющих компонентов эмульсии, а следовательно, гидрогенизации и гидролиза не происходит.

Эффективность кавитационной обработки с точки зрения осуществления химических преобразований существенно зависит от условий, создаваемых в углеводородсодержащих смесях, а соответственно от оборудования, на котором проводится обработка. Методы гидрокавитационной активации композиционных топлив [2–4] базируются на применении устройств, в которых реализуются принципы дискретно-импульсного ввода энергии [6] и гидродинамического кавитационного воздействия [7–9], а именно, роторно-пульсационных аппаратов и гидровихревых преобразователей.

Для оценки эффективности кавитационной обработки композиционных топлив в ИПМаш НАН Украины создана экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1. На рис. 2 показан общий вид данной установки. При обработке топливных смесей в экспериментальной установке (рис. 2) поток среды подвергается предварительному диспергированию и гомогенизации в роторно-пульсационном аппарате (РПА), а затем ультрадиспергированию и кавитационному воздействию в другом РПА и в гидровихревом преобразователе.

Для оценки эффективности режимных характеристик работы кавитационного оборудования в процессе обработки эмульсии «вода-углеводород» введено понятие коэффициента эффективности кавитационного воздействия, которое характеризует увеличение выхода легких фракций после кавитационного воздействия на эмульсии типа «вода-легкий углеводород-тяжелый углеводород». Этот коэффициент представляет собой зависимость отношения количества увеличения выхода легких фракций после текущего режима кавитационной обработки к максимально достигнутому.

В данной работе представлены исследования коэффициента эффективности кавитационного воздействия роторно-пульсационного аппарата на смеси «углеводород-вода». Основными параметрами, которые определяют режимы обработки топлива на РПА, является скорость вращения ротора, время обработки топлива и процентное содержание в нем воды. В данных исследованиях количество воды в составе эмульсий составляло 10, 15 и 20%. Была выбрана следующая модельная эмульсия: «вода-мазут-дизельное топливо-прямогонный бензин». Смесью обрабатывалась до температуры 70 °С. Конечная эмульсия обезвоживалась и подвергалась фракционной разгонке. Было исследовано 25 режимов, в которых окружная скорость движения рабочих органов задавалась от 20 до 80 м/с с шагом 2,5 м/с. Нижняя граница скорости составила 20 м/с, так как при окружной скорости менее 20 м/с увеличения выхода легких фракций не было обнаружено. Это – докавитационный режим работы оборудования. Верхний предел скорости – 80 м/с ограничивался техническими возможностями

используемого на момент исследований оборудования. В результате обработки экспериментальных данных по методу наименьших квадратов построены регрессионные математические модели, которые имеют вид

$$K(V) = 0,0000000017036 V^6 - 0,000000530665 V^5 + 0,000065866 V^4 - 0,00414363 V^3 + 0,13856473 V^2 - 2,310458 V + 14,9943614,$$

$$K(V) = 0,0000000018983 V^6 - 0,000000586702 V^5 + 0,00007222 V^4 - 0,004503159 V^3 + 0,149092752 V^2 - 2,457207759 V + 15,74526386,$$

$$K(V) = 0,00000000174626 V^6 - 0,00000053232 V^5 + 0,00006448 V^4 - 0,003943417 V^3 + 0,1273933 V^2 - 2,028609 V + 12,4279791,$$

для случаев наличия в эмульсии 10, 15 и 20% воды соответственно (см. рис. 3).

Анализ полученных регрессионных математических моделей показывает, что все их графики имеют подобный вид, т.е. начало увеличения выхода легких фракций происходит, начиная со скорости 22,5 м/с. На режимах 22,5–30 м/с наблюдается существенный рост показателя эффективности, на режимах 30–50 м/с рост эффективности практически не выявлен. На режимах 55–70 м/с вновь наблюдается резкий рост показателя эффективности, а после 70 м/с рост показателя эффективности практически отсутствует. Однако при большем количестве воды увеличивается градиент зависимости показателя эффективности на участках его роста и расширяется зона режимов, при которых роста нет. Кроме того, зависимость показателя эффективности кавитационной обработки эмульсий типа «углеводород–вода» от количества воды показывает, что абсолютное значение увеличения количества легких фракций прямо пропорционально количеству воды (в пределах исследуемых значений).

Полученные зависимости позволяют осуществлять выбор режимов работы кавитационного оборудования в зависимости от необходимого уровня эффективности и состава исходной эмульсии. Следует также отметить, что данные зависимости справедливы только для конструктивов кавитационного оборудования, на которых выполнялись исследования. Учитывая многообразие типов кавитационного оборудования (роторно-пульсационное, проточное, ультразвуковое, мембранное и т. д.) и различные принципы их работы, применению каждого из них в технологическом процессе должно предшествовать проведение исследований по определению показателей эффективности кавитационного воздействия.

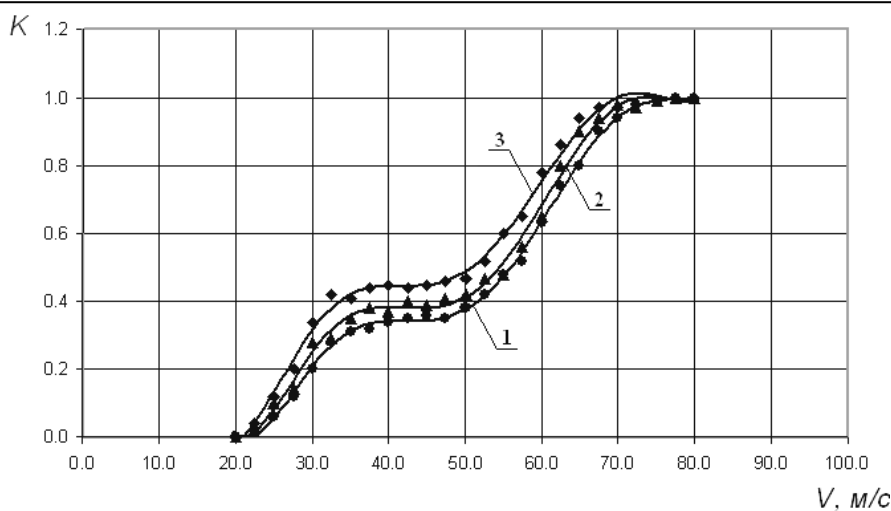


Рис. 3. Графики регрессионных математических моделей показателя эффективности работы кавитационного оборудования при наличии воды: 1 – 10%; 2 – 15%; 3 – 20%

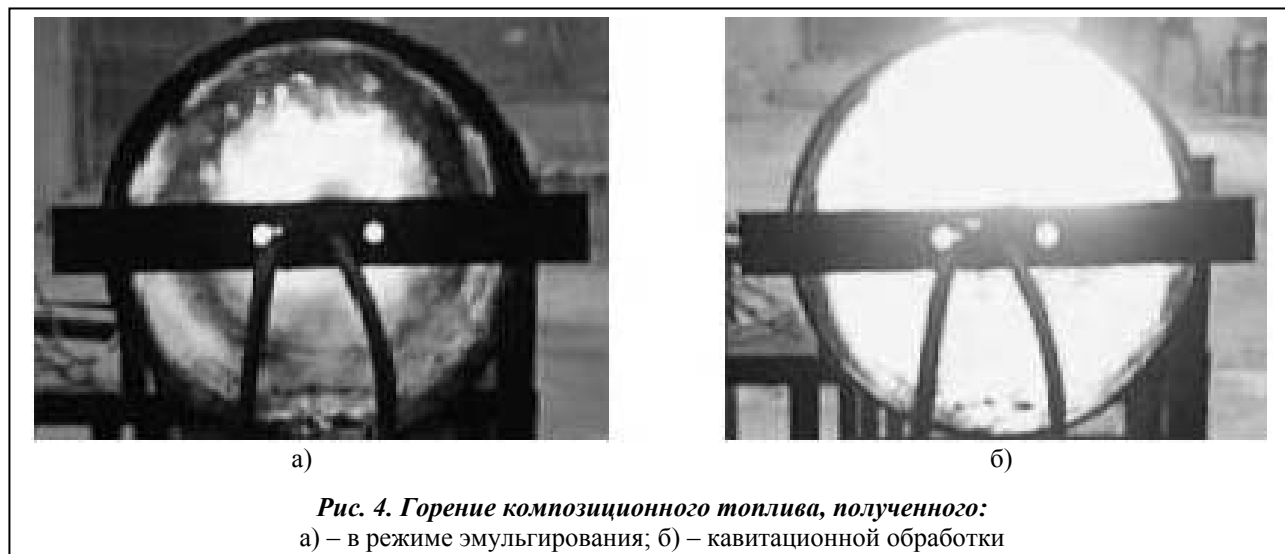


Рис. 4. Горение композиционного топлива, полученного:
а) – в режиме эмульгирования; б) – кавитационной обработки

Для подтверждения эффективности метода гидрокавитационной активации суспензионных топлив были проведены огневые испытания двух образцов топлив, которые состоят из мазута М 100 (80%) и биоила очистных сооружений (20%), влажность которого составляла 80% с применением экспериментальной установки (рис. 2). Для 1-го образца использовался режим эмульгирования, для 2-го – режим интенсивного кавитационного воздействия.

На рис. 4 представлены фотографии процессов горения этих двух типов топлив в модельной камере сгорания. Факел горения 2-го образца существенно увеличен в объеме по сравнению с факелом 1-го образца и более плотно заполняет топочную камеру. Температура горения 2-го образца на 18–23% выше, чем у 1-го. Химический и механический недожоги в случае сжигания 1-го образца составили 8%, а в случае сжигания 2-го – менее чем 0,5%.

Выводы

В работе экспериментально исследовано влияние гидрокавитационной активации на свойства углеводородов и углеводородсодержащих эмульсий. Введено понятие показателя эффективности работы кавитационного оборудования, который позволяет определять режимы гидрокавитационной обработки топливных эмульсий в зависимости от необходимого качества конечного получаемого продукта. Предложен метод определения эффективности гидрокавитационной обработки на основе исследования показателя эффективности работы кавитационного оборудования. Проведены исследования зависимости показателя эффективности от режимов работы роторно-пульсационного аппарата. Графики показателя эффективности РПА носят нелинейный характер. Существуют режимы, при которых увеличение количества подведенной энергии не влияет на увеличение выхода легких фракций.

Проведены огневые испытания, которые подтверждают эффективность гидрокавитационной активации в технологиях производства и сжигания композиционных топлив. Показано, что применению гидрокавитационных методов для интенсификации физико-химических процессов в технологиях переработки углеводородов должны предшествовать исследования по определению зависимости показателя эффективности гидрокавитационной активации от режимов работы кавитационного оборудования.

Литература

1. *Обоснование целесообразности использования в промышленных энергоустановках суспензионных горючих* / О. В. Кравченко, Л. В. Тарасенко, А. В. Бастеев, В. В. Форфутдинов // *Авиац.-космич. техника и технология*. – 2007. Вып. – № 7(43). – С. 44–48.
2. *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.
3. *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.

4. *Кравченко, О. В.* Физико-химические преобразования углеводородных соединений с использованием новых кавитационных устройств / О. В. Кравченко // *Авиац.-космич. техн. и технология.* – 2007. – Вып. 1 (37). – С. 65–69.
5. *Кравченко, О. В.* Получение водорода в процессах гидрокавитационной обработки воды и водосодержащих суспензий и эмульсий / О. В. Кравченко // *Пробл. машиностроения.* – 2007. – Т. 10, № 2. – С. 103–110.
6. *Дискретно-импульсный* ввод энергии в теплотехнологиях / А. А. Долинский, Б. И. Басок, С.И. Гулый. и др. – Киев: Науч. кн., 1996. – 208 с.
7. *Федоткин, И. М.* Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. (Теория, расчеты и конструкции кавитационных аппаратов). Ч.1. / И. М. Федоткин, И. С. Гулый. – Киев: Полиграфкнига, 1997. – 840 с.
8. *Федоткин, И. М.* Интенсификация процессов смешения диспергирования гидродинамической кавитацией / И. М. Федоткин, И. С. Гулый, В. В. Боровский. – Киев: Артур-А, 1998. – 128 с.
9. *Пат. 79617*, Украина, МПК (2006) С10G 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.

Поступила в редакцию 03.2014

А. М. Савицкий,
канд. техн. наук
М. М. Савицкий,
докт. техн. наук
Ю. Н. Шкрабалуок

Институт электросварки
им. Е. О. Патона
НАН Украины, г. Киев,
e-mail: sam@paton.kiev.ua

Ключові слова: активация дуги, плавкий электрод, защитный газ, сварка.

УДК 621.789

ОСОБЕННОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ ЗА СЧЕТ АКТИВАЦИИ ДУГИ

Викладено результати застосування активуючих флюсів при зварюванні плавким електродом в захисних газах. Показано, що активуючі флюси забезпечують збільшення в 2–3 рази глибини проплавлення та підвищення продуктивності зварювання порівняно з традиційним способом. Крім цього, застосування активуючих флюсів забезпечує зменшення погонної енергії зварювання, що позитивно впливає на властивості зварних з'єднань, підвищуючи їх холодостійкість.

Введение

Одним из приоритетных направлений развития сварки является повышение ее производительности. Об этом свидетельствует возникновение и развитие гибридных сварочных процессов, таких, как лазер-дуга, обеспечивающих повышение производительности сварки и качества сварных соединений. Аналогичная проблема стоит и перед традиционными способами дуговой сварки, что обусловлено подавляющими объемами их применения в различных отраслях производства.

Традиционное решение данной проблемы предполагает увеличение количества металла, наплавляемого в единицу времени [1, 2]. Это обусловлено ограниченной проплавляющей способностью дуги, в результате чего толщины, начиная с 3 мм, рекомендуется сваривать с предварительной разделкой кромок [1–3], которую необходимо заполнять. Поэтому технологи-сварщики стараются увеличивать количество наплавленного металла.

Наиболее простым и доступным путем решения данной задачи при дуговой сварке является увеличение скорости плавления электрода за счет повышения сварочного тока. Однако при этом увеличивается тепловложение в сварное соединение, что даже при сварке низкоуглеродистых сталей, отличающихся высокими показателями свариваемости, может привести к перегреву металла, росту аустенитного зерна и повышению хрупкости сварного соединения [1]. При сварке сталей, склонных к закалке, это сопровождается еще и снижением стойкости к образованию трещин [4]. Следовательно, данное направление имеет существенные ограничения по сварочному току и по области применения.

© А. М. Савицкий, М. М. Савицкий, Ю. Н. Шкрабалуок, 2014