

Таким образом, анализ показывает, что существует широкий спектр возможностей получения топлива с использованием коммунальных отходов. Их применение в технологиях брикетирования многокомпонентных составов позволяет обеспечивать сокращение объемов захоронения отходов, повышать уровень использования горючих отходов вторичных ресурсов, а также реализовывать программы импортозамещения экспортируемых энергоносителей.

### Литература

1. Хрусталеv, Б. М. Твердое топливо из углеводородсодержащих, древесных и сельскохозяйственных отходов для локальных систем теплоснабжения [Текст] / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота // Энергетика. Изв. высш. учеб.заведений и энерг. объединений СНГ. – 2017. – Т. 60, № 2. – С. 147–158.
2. Хрусталеv, Б. М. Композиционное твердое топливо на основе вторичных горючих отходов [Текст] / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота // Энергоэффективность : ежемесячный науч.-практ. журнал. – 2016. – № 4. – С. 18–22.

УДК 662.8.055.2; 621.43.03

#### Подготовка отходов с применением электрогидравлической установки

Хрусталёв Б. М.<sup>1</sup>, Пехота А. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Республика Беларусь

*Представлены материалы исследования, выполнен анализ возможности применения электрогидравлической обработки различных отходов. представлено устройство установки, обеспечивающей электрогидравлическую обработку вторичных материалов. Исследованы характеристики их применения в качестве связующего при многокомпонентном брикетировании твердого топлива.*

В последнее время много говорится о необходимости инновационных прорывов и развитии новых технологий. Ведущие развитые страны мира именно сейчас, во времена различных кризисов, резко увеличивают расходы на науку. Это делается потому, что без фундаментальной науки не будет никаких новых технологий и прорывов. Важнейшая функция науки в том и состоит, что она закладывает основы технологий будущего.

Основной целью данной статьи авторы ставят необходимость более

наглядно представить новые инновационные продукты и технологии, которые в недалеком будущем могут быть внедрены в различных промышленных технологиях переработки отходов. В основе предлагаемых новейших продуктов и технологий лежат ряд ранее проведенных исследований, но в силу различных, в первую очередь технических для того времени обстоятельств, данные технологии были экономически не востребованы и не вызвали глубокого исследовательского внимания.

Проводя ряд исследований в рамках создания технологии производства многокомпонентного твердого топлива (МТТ- *MSF* – multi component solid fuel) [1] появилась необходимость в снижении содержания серы в составе применяемых нефтесодержащих шламов. Поиск путей решения этой проблемы позволил выявить и опробовать ряд технологий, одна из которых не только обеспечила решение требуемой задачи, но и обозначило широкие горизонты её применения с многофункциональностью назначения. Эта технология и непосредственно физическое явление насчитывает известность уже более 60 лет и названо это явление в честь автора его открытия электрогидравлический эффект Юткина [2]. Невысокий уровень практического применения в прошлом был обусловлен опасностью поражения электротокком высокой мощности и невысокой надёжностью, и продолжительностью эксплуатации в основном генераторов импульсного напряжения, однако современный уровень развития технологий позволил эти недостатки устранить и повысить тем самым надёжность и экономическую целесообразность этих устройств.

Особенность этой технологии является прямое преобразование электрической энергии, в механическую энергию минуя передаточные механизмы, что является ключевым свойством электрогидравлического удара.

Несмотря на то, что этот физический эффект был открыт достаточно давно и уже давно используется в промышленности, причем в основном зарубежном, такой эффект известен далеко не всем и в основном узкому кругу специалистов [3-4].

Гидравлический удар вызывается за счет изменения действия давления внутри жидкости в ограниченном объеме и в локальной зоне, во время адиабатического сжатия образующего ударную волну расширения (кавитационного пузыря) и после переходя в ударную волну сжатия вызываемого импульсами электрического разряда. При этом длительность импульса электрогидравлического удара весьма мала и составляет тысячные доли секунды.

Как показывает практика, электрический разряд длится в течение всего от 1 мкс до 10 миллисекунд. За время действия импульса выделяется огромная мощность, причем, чем короче импульс, тем значительней выделяемая мощность. Однако несмотря на то, что используемый эффект давно

применяется практически, сложность расчетов разрядных характеристик рабочих механизмов, формы и размеры электрических разрядников весьма высока и до сих пор остается еще недостаточно изученной проблемой.

По этой тематике написан целый ряд статей, несколько монографий, получен ряд патентов [5-6] для более широкого практического использования электрогидравлического эффекта в промышленности. Авторы обладают обширным материалом применения этого эффекта при подготовке к применению различных отходов и материалов, обеззараживанию, причем эксперименты проводились как с целью уточнения параметров и режимов эффективной работы электроразрядной установки, так и разработки приемлемой системы управления электрическими разрядами в жидкости. Эксперименты проводились как непосредственно в жидкости (воде, других жидкостях), в специальных емкостях (реакторах) выполненных из различных материалов (пластмассовых и стальных камерах, стальных трубках и др.), так и над поверхностью жидкости. Как показали эксперименты, электрогидравлический удар, возникает при электрическом разряде в жидкости уже при напряжении источника порядка 3-5 киловольт и выше.

Схема установки представлена на рис. 1.

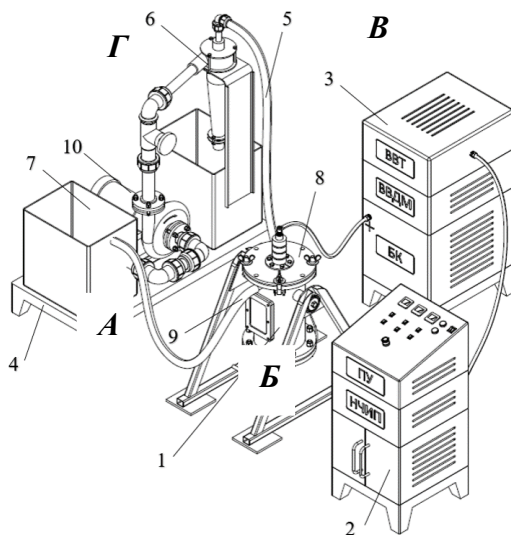


Рис. 1. Схема установки электрогидравлической обработки отходов

Электрогидравлическая установка состоит из 4-х блоков: **А**. Активатора на раме в подшипниках; **Б**. Блока пульта управления (ПУ) с низковольтной частью источника питания (НЧИП); **В**. Блока высоковольтного

трансформатора (ВВТ), высоковольтного диодного моста (ВДМ) и батареи накопительных конденсаторов (БК); Г. Блока гидросистемы с двумя резервуарами, насосом и гидроциклоном.

Установка является закрытого типа, периодического действия с замкнутым контуром движения рабочей жидкости с обрабатываемым материалом (нефтепродукты, отходы, или очистных сооружений и т.п.) с подачей в нижнюю часть разрядного элемента активатора (5). Очистка рабочей жидкости обеспечивается гидроциклоном (6) и отстойником в приемном резервуаре (7).

Загрузка обрабатываемого материала производится сверху, через снятую крышку (8). Выгрузка обработанного материала производится через патрубок в нижней части активатора в сменный накопитель. При необходимости удаление отмытого материала может производиться и через верхнюю крышку активатора. С этой целью активатор подвешен в стойках на подшипниках и имеет возможность отклоняться от вертикального положения. Выход суспензии осуществляется через патрубок в верхней части активатора (9). Циркуляция жидкости и подмешивание при необходимости каталитических элементов определяется производительностью циркуляционного насоса (10).

Сущность работы этого устройства состоит в том, что во влажной среде, например, нефтепродуктов возникает высокое давление в результате специально сформированного импульсного (искрового, кистевого) высоковольтного электрического разряда между электродами, через которые происходят разряды. В соответствии с ранее проведенными исследованиями давление этих разрядов достигает  $300 \text{ Мн/м}^2$  в рабочей среде (обычно в обводненной смеси или высоковолажной среде) [2]. Схематичное представление работы оборудования устройства электрогидравлической обработки нефтепродуктов представлено на рис. 2.

Это давление используется для механического воздействия на материал при их подготовке, что позволяет, задавая определенные параметры разрядов, производить обработку, очистку, эмульгацию, деэмульгацию, разделение и др. Энергия, необходимая для электрического разряда, накапливается в конденсаторах установки емкостью от 10 до 1500 мкФ.

В применяемой установке амплитуда ударной волны на расстоянии 10 мм от рабочего органа достигает 50–190 МПа с длительностью разряда не более 200 мкс. Эксперименты на различных поступающих на переработку нефтепродуктах (нефть, нефтешламы, нефтепродукты шлам очистных сооружений и т.п.) показали, что при электрогидравлической обработке интенсивно отделяются разного рода примеси, и прежде всего, сера. Сернистые соединения удаляются из обрабатываемого отхода (в зависимости от типа и вида поступающих отходов) в виде летучих соединений – сероводорода.

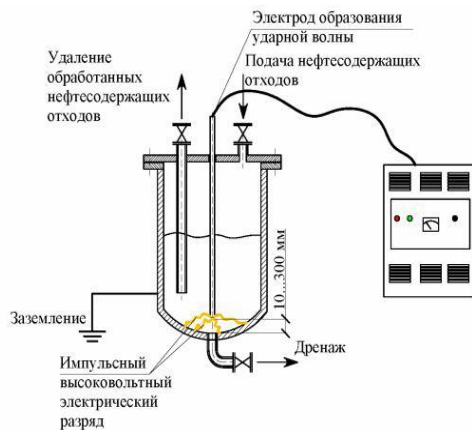


Рис. 2. Схема устройства реактора при электрогидравлической обработке нефтесодержащих отходов

Внешний вид устройства, преобразующего энергию в импульсы тока микросекундной длительности для электрогидравлической обработки нефтесодержащих отходов, представлен на рис. 3.



Рис. 3. Внешний вид устройства, преобразующего энергию в импульсы тока микросекундной длительности для электрогидравлической обработки отходов

Таким образом, применение электрогидравлического эффекта является одним из источников создания и реализации множества прогрессивных технологических процессов, которые уже сейчас широко применяются во многих промышленных отраслях всего мира связанных с переработкой отходов.

Одним из главных преимуществ данного метода является его исключительная экологичность, так как способ воздействия электрогидравлического эффекта не принесет никаких дополнительных источников загрязнения окружающей среды в планируемые технологии.

Среди разнообразия известных областей применения электрогидравлического эффекта наиболее актуальными, на взгляд авторов настоящей работы, являются методы использования данного эффекта в стремительно развивающихся индустрии переработки отходов как промышленного происхождения, так и твердых коммунально-бытовых отходов. Однако, на сегодняшний день большинство известных разработок использующих в своих технологиях электрогидравлический эффект находятся на уровне конструкторско-исследовательских аппаратов, поскольку не во всех случаях достигнутая производительность от 0,5 до 5 м<sup>3</sup> (или тонн) в час устраивает промышленного потребителя, а возможность увеличения производительности в большинстве случаев вызывает существенное увеличение энергопотребления.

### Литература

1. Хрусталеv, Б. М. Твердое топливо из углеводородсодержащих, древесных и сельскохозяйственных отходов для локальных систем теплоснабжения / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота // Энергетика. Изв. высш. учеб.заведений и энерг. объединений СНГ. – 2017. – Т. 60, № 2. – С. 147–158.
2. Юткин, Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л. А. Юткин. // Л.: Машиностроение, 1986. – 253 с.
3. Физика взрыва / Под ред. Л. П. Орленко. Изд. 3-е, в 2-х т. // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.
4. Торшин, В. В. Логические методы в электродинамике / В. В. Торшин, Б. П. Бусыгин, Ф. Ф. Пашенко // М.: ЦП ВАСИЗДАСТ, 2007. – С. 352.
5. Высоковольтный разрядник (варианты): пат. РФ № 2296404, Б.И.№ 9 / Ф. Ф. Пашенко, В. В. Торшин, Б. П. Бусыгин, Л. Е. Круковский. – Оpubл. 27.03.07.
6. Способ генерирования пара и импульсный парогенератор для осуществления этого способа: пат. РФ № 2293913, Б.И. №5 / Ф. Ф. Пашенко, В. В. Торшин, Л. Е. Круковский. – Оpubл. 20.02.07.