

УДК 662.765

Билец Д.Ю.

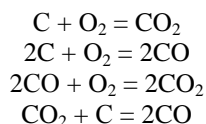
**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УТИЛИЗАЦИИ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПУТЕМ  
ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПИРОЛИЗА**

Известно, что на настоящий момент запасов природного газа и нефти осталось на 60 и 40 лет соответственно. Кроме того, в связи с постоянно повышающимся подорожанием их добычи все большую роль в энергетике начинают играть процессы газификации твердых топлив с получением газообразных продуктов с последующим их сжиганием [1].

Газификация – преобразование органической части твёрдого или жидкого топлива в горючие газы при высокотемпературном нагреве с окислителем (кислород, воздух, водяной пар или, чаще, их смесь).

Преимуществом газификации в сравнении с прямым сжиганием топлив является образование гораздо меньших объёмов газов, подлежащих очистке. Кроме того, в результате более полного сгорания газообразного топлива образуется значительно меньшее количество вредных для окружающей среды химических соединений (как в дымовых газах, так и в зольном остатке).

Газификация топлив, несмотря на большое разнообразие способов (непрерывные и периодические, газификация в кипящем слое, газификация угольной пыли и жидкого топлива в факеле, при атмосферном и высоком давлении и др.[2]), характеризуется одними и теми же химическими реакциями [3]:



При газификации недожог топлива сравнении со сжиганием существенно ниже, т.к. происходит почти 100 % конверсия углерода при переходе его из твёрдого в газообразное состояние. При этом можно получить топливо заданного химического состава или заданной теплоты сгорания, так как эти показатели определяются выбранной схемой газификации, а также температурой, давлением и составом применяемых газифицирующих агентов [4].

В качестве сырья для газификации могут служить практически все материалы природного и техногенного происхождения, с содержанием углерода не менее 23 %, а влажностью и зольностью не более 50 % и 60 % соответственно [5].

К сожалению, в Украине это направление практически не развито. Сегодня небольшие фирмы производят так называемые пиролизные котлы с небольшой продуктивностью, основным сырьем для которых служат, как правило, дрова. В среднем такому твердотопливному котлу на отопительный сезон требуется порядка 100 складских метров (70 м<sup>3</sup>) древесины [6]. Учитывая, что в Украине за год продается 3–4 тысячи таких котлов, можно подсчитать, какие потери несут лесные массивы.

Вследствие энергетического кризиса в качестве энергоносителей в Украине используют любые органические отходы, которые могут давать хоть какое-то тепло. При этом абсолютно не учитывается состав газообразных продуктов горения, которые, как правило, являются токсичными. Особенно это касается продуктов коксохимического производства (таких как полимеры бензольного отделения, фракции масел и т.д.). При сжигании этих продуктов образуется большое количество канцерогенных веществ, в том числе бенз(а)пирен.

На территории промышленно развитых регионов Украины появились небольшие фирмы которые занимаются переработкой пластика, в основном – пет-бутылок, шприцов и т.д. Переработка основана на пиролизе полимерного материала. При этом образуется приблизительно 20–30 % жидких продуктов пиролиза, которые впоследствии используются в качестве компонентов энергетических топлив при прямом сжигании в разных котельных, что наносит огромных вред окружающей среде и здоровью людей.

Еще одним источником органических отходов является автомобильный, железнодорожный, авиационный и водный транспорт, при эксплуатации которого образуется более 500 тыс. т. отработанного масла в год [7]. Из-за отсутствия промышленных установок по регенерации и переработке отработанных моторных масел способы их утилизации сводятся к тому, что данные отходы либо сливают в почву, либо сжигают в кустарных печах.

Для исследования возможности реализации процесса утилизации жидких органических отходов в смеси с твердым носителем с получением генераторного газа была создана установка, которая представлена на рис. 1.

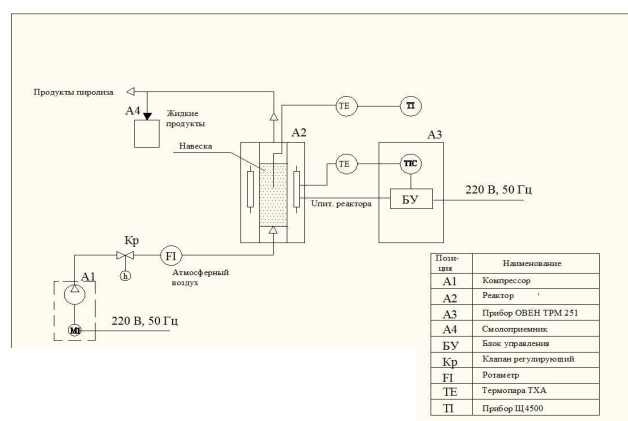


Рисунок 1 – Функциональная схема установки для пиролиза

В реактор А2, предварительно нагретый до заданной температуры с помощью прибора А3, вводится навеска в соотношении Т:Ж по массе 9:1. Снизу подается окислитель, в нашем случае – воздух, компрессором А1, расход которого составляет от 0,5 до 2 л/мин. Навеску выдерживают 40 мин. Образующиеся продукты реакции из реактора попадают в холодильник. Жидкие продукты конденсируются и остаются в смолоприемнике А4, газообразные сгорают в факеле.

В течение опыта фиксируются по времени такие показатели как:

- температура реактора;
- температура внутри навески;
- расход воздуха.

По окончании опыта, прекращается подача воздуха, достается остаток, который после охлаждения взвешивается.

Объектами для исследования были взяты:

- 1) твердое сырье – скорлупа грецкого ореха, бурый уголь Александрийского месторождения, газовый уголь (табл. 1);
- 2) жидкое сырье – отработанное моторное масло, полимеры бензолного отделения Авдеевского КХЗ, печное топливо на основе продуктов КХП.

Выбор твердого носителя был обоснован тем, что первые два обладают высокой пористостью и в смеси с жидкостью не теряют сыпучести, а кроме того термическая деструкция их начинается при низких температурах, сопоставимых с началом деструкции жидких отходов.

Таблица 1 – Свойства твердого сырья

Наименование проб	Технический анализ, %				Элементный состав, %				Высшая теплота сгорания, МДж/кг ккал/кг	Низшая теплота сгорания, МДж/кг ккал/кг
	$W_t^r$	$A^d$	$S_t^d$	$V^{dal}$	$C^{dal}$	$H^{dal}$	$N^{dal}$	$O_d^{dal}$	$Q_s^{dal}$	$Q_i^r$
Бурый уголь	9,3	8,9	4,44	61,0	68,99	5,70	0,59	20,28	<u>28,15</u> 6724	<u>22,00</u> 5255
Скорлупа ореха	7,6	2,3	0,09	79,9	52,52	5,98	0,19	41,22	<u>20,99</u> 5013	<u>17,57</u> 4197

Процесс окислительного пиролиза для скорлупы проводился при начальной температуре 400 °С, при этом совместная переработка жидких углеводородов с твердым органическим сырьем приводила к повышению температуры в реакторе на 100–300 °С, что свидетельствует о существенной активации процесса. Происходила полная конверсия органической части в газовую и паровую фазы.

В состав газовой фазы входила, в основном, окись углерода в количестве от 40 до 60 % об, в зависимости от расхода воздуха, и небольшое количество CO<sub>2</sub>, которое составило 1,5–2 % об. Паровая фаза представляла собой смесь различных углеводородов и паров воды.

В опытах с бурым углем оптимальной температурой процесса являлась 500 °С. При внесении жидких добавок наблюдалось повышение температуры в реакторе на 100–200 °С, при этом получались примерно такие же результаты по составу газовой фазы и полной конверсии органической части.

**Вывод.** Работа направлена на решение актуальной проблемы утилизации жидких органических отходов с получением энергоносителей. Окислительный низкотемпературный пиролиз твердого топлива с нанесенным на его поверхность жидких отходов позволяет получить газообразное топливо с высоким содержанием СО.

Данная технология позволит обеспечить экономический эффект при использовании дешевого сырья для получения ценных продуктов, а также технология позволяет утилизировать любые тяжелые вязкие органические отходы с получением энергетически ценных компонентов.

#### Литература

1. Chris Higman, Maarten van der Burgt. Gasification. Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier, 2010. – 391.
2. Альтшулер В.С. Газовые процессы. Получение энергетических и технологических газов, Изд. «Наука», М.: 1967. – 167 с.
3. Канторович Б.В. Введение в теорию горения и газификации твердого топлива. Металургиздат. М.: 1961. – 355 с.
4. Зубилин И.Г., Рудыка В.И. Получение синтез-газов для производства экологически чистых моторных топлив: теория и технология. – Харьков: Издат. центр Харьков. нац. университета. 2002. – 313 с.
5. Копытов В.В. Газификация конденсированных топлив: ретроспективный обзор, современное состояние дел и перспективы развития. М.: Агрорус, 2012. – 509 с.
6. Официальный сайт ОАО «Мотор Сич» <http://kotly.org.ua/priceFull.php>
7. Григоров А.Б., Наглюк И.С. Рациональное использование моторных масел. Харьков: Изд. «Точка», 2013. – 178 с.

#### Bibliography (transliterated)

1. Chris Higman, Maarten van der Burgt. Gasification. Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier, 2010. – 391.
2. Altshuler V.S. Gazovyye protsessyy. Poluchenie energeticheskikh i tehnologicheskikh gazov, Izd. «Nauka», M.: 1967. – 167 p.
3. Kantorovich B.V. Vvedenie v teoriyu goreniya i gazifikatsii tverdogo topliva. Metalurgizdat. M.: 1961. – 355 p.
4. Zubilin I.G., Rudyka V.I. Poluchenie sintez-gazov dlya proizvodstva ekologicheskhi chistyih motornyih topliv: teoriya i tehnologiya. – Harkov: Izdat. tsentr Harkov. nats. universiteta. 2002. – 313 p.
5. Kopytov V.V. Gazifikatsiya kondensirovannyih topliv: retrospektivnyiy obzor, sovremennoe sostoyanie del i perspektivy razvitiya. M.: Agrorus, 2012. – 509 p.
6. Ofitsialnyiy sayt ОАО «Motor Sich» <http://kotly.org.ua/priceFull.php>
7. Grigorov A.B., Naglyuk I.S. Ratsionalnoe ispolzovanie motornyih masel. Harkov: Izd. «Tochka», 2013. – 178 p.

УДК 662.765

Білець Д.Ю.

#### ДОСЛІДЖЕННЯ З УТИЛІЗАЦІЇ РІДКИХ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ШЛЯХОМ ОКИСЛЮВАЛЬНОГО ПІРОЛІЗУ

Розглянуті проблеми утворення та накопичення рідких органічних відходів в Україні та методи їх утилізації. Запропоновано новий метод їх переробки шляхом окислювального низькотемпературного піролізу в корисні енергоносії. Розроблена стендова установка для його реалізації.

Bilets D.

#### STUDY OF THE UTILIZATION OF WASTE LIQUID OXIDATIVE BY PYROLYSIS

The problems of formation and accumulation of liquid organic waste in Ukraine and methods of disposal. A new method of processing by low-temperature oxidative pyrolysis into useful energy. A stand installation for its implementation.