

УДК 504.064.47: 662.8.053.3

О. Н. КАЛИНИХИН^а, В. А. ГОЛОВКО^б, Н. А. БУРДАКОВСКИЙ^б^а ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ СОВМЕСТНОЙ УТИЛИЗАЦИИ КОМПОНЕНТОВ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ И ОТХОДОВ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

Аннотация. Несмотря на всё более возрастающую роль комплексной биотермической переработки твёрдых бытовых отходов (ТБО) в промышленно развитых странах, по-прежнему актуальными остаются методы, направленные на получение вторичных топлив из отдельных компонентов ТБО, Refuse Derived Fuel (RDF). Сжигание такого рода топлив в теплотехнических процессах имеет несколько преимуществ, таких как экономия невозобновляемых топливных ресурсов, отсутствие противоречий с проектами по раздельной сортировке ТБО, высокая гибкость технологии процесса переработки, позволяющая производить экономическую и экологическую корректировку качества товарного продукта. В данной работе представлены результаты обоснования рациональных составов топливных композиций на основе компонентов ТБО и отходов коксохимических заводов.

Ключевые слова: твёрдые бытовые отходы, смолистые отходы коксохимических заводов, совместная переработка, топливные композиции, связующее.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Анализ структуры динамики процессов переработки ТБО в странах Европейского Союза [1] указывает на поэтапное замещение термических методов утилизации необработанного потока ТБО на методы, сочетающие извлечение балластных и утильных компонентов с получением высококалорийных топливных композиций нашедшими свое применение, как в бытовых, так и промышленных теплогенерирующих устройствах [2, 3]. Еще одной сложившейся тенденцией в сфере термической переработки отходов является вовлечение в процесс совместной переработки компонентов ТБО и промышленных отходов [4, 5], обладающих оптимальными теплотехническими показателями и способными существенно повышать эксплуатационные характеристики совместных топливных композиций.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Страны постсоветского пространства обладают достаточным объёмом как позитивного та и негативного опыта в данной сфере. Так наиболее показателен пример Российской Федерации, где процессы производства и утилизации топлива на основе компонентов ТБО и отходов промышленного производства стандартизированы и регулируются на законодательной основе, а примеры внедрения конкретных технологических решений давно вышли за рамки пилотных проектов [6, 7, 8]. Особого внимания в случае Донецкого региона заслуживают смолистые отходы КХЗ, такие как кислая смолка, образующаяся в сатураторах сульфатных и бензолных отделений, и каменноугольные фусы, получаемые при охлаждении и очистке коксового газа. Данные виды отходов способны выступать не только в качестве теплотворной добавки, но и в качестве эффективного связующего компонента.

Целью представленной работы стало определение основных теплотехнических свойств топливных композиций на основе компонентов ТБО и отходов КХЗ, выступающих в качестве связующего. Для реализации поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи исследования:

- 1) на основе результатов технического анализа смесей компонентов ТБО и отходов КХЗ определить рекомендуемый тип добавки связующего;
- 2) обосновать процентное соотношение компонентов ТБО и связующего в топливных смесях исходя из характеристик полученных топливных брикетов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Важнейшим моментом проведения лабораторных исследований стал процесс изготовления рабочих смесей, так как именно от правильного выбора состава последних в значительной мере зависела достоверность конечных результатов [9–10]. Состав компонентов ТБО в топливной композиции, учитывающий данные предпосылки и результаты натуральных исследований, представлен в таблице 1.

Основными этапами получения исходной рабочей смеси ТБО были: подбор основных компонентов смеси (табл. 1); дробление и измельчение исходных компонентов до среднего размера 5 мм; дозирование и смешение компонентов ТБО; доведение пробы до величины средней влажности. В качестве добавки к компонентам ТБО использовались смолистые отходы шламонакопителя Рутченковского коксохимического отделения ОАО «Донецккокс». В качестве объекта сравнения с отходами КХЗ при проведении технического анализа к ТБО добавляли одну из марок угля, обладающую высокой теплотой сгорания, а именно антрацитовый штыб (АШ) [10]. Таким образом, в соответствии с поставленными условиями была изготовлена опытная партия брикетов для различных вариантов соотношения массовых долей ТБО и промышленных отходов: 90 % + 10 %; 80 % + 20 %; 70 % + 30 %; 60 % + 40 %. Брикетные были изготовлены на лабораторном прессе с давлением прессования 10 МПа.

Таблица 1 – Исходные компоненты ТБО и способы их измельчения подготовки

Компонент ТБО	Содержание в смеси, % масс.	Исходные материалы	Способ измельчения (дробления)
Бумага, картон	30	Картонная тара, обрывки газет, отходы резки бумаги	Ручное измельчение
Пищевые отходы	30	Комбинированные корма для животных, пищевые остатки	–
Пластик	20	ПЭТ тара, остатки покрытий	Ручное измельчение
Садовые	20	Древесные и травяные остатки	Механическое измельчение

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение технического анализа смесей ТБО и промышленных отходов позволило получить информацию об основных теплотехнических характеристиках исходного сырья, идущего на переработку (табл. 2).

Анализ данных указывает на следующие выявленные характерные особенности данных изменений. Рост содержания отходов КХЗ в составе топливной композиции ведёт к снижению содержания в ней влаги. Снижение содержания влаги может быть объяснено как замещением компонентов ТБО смолистыми отходами, так и «выдавливанием» влаги в процессе прессования. Данная особенность является положительным фактором, позволяющим решить проблему высокой влажности компонентов ТБО, находящихся в составе смеси. Наиболее значимым с учетом потенциального антропогенного воздействия на окружающую среду является показатель содержания общей серы в топливном брикете. Добавка 10 % масс. кислой смолки к компонентам композиции повышает содержание серы в топливной смеси в 2 раза (содержание общей серы в ТБО, как правило, колеблется в пределах 0,8 ...1,3 % масс.). В случае же 40 % масс. добавки кислой смолки содержание серы в смеси отходов составляет 4,51 % масс., что превышает данный показатель для твёрдых минеральных топлив (содержание общей серы в бурых углях и сланцах составляет 0,5...4,0 % масс.). Тогда как для фусов каменноугольных, даже в случае 40 % масс. добавки, данный показатель не превышает 2,5 % масс. Анализ наиболее важного теплотехнического показателя смесей, теплоты их сгорания показывает, что её наибольшая величина наблюдается в случае добавки отходов КХЗ в максимальном варианте, равном 40 % масс., соответственно, для случая добавки кислой смолки величина высшей теплоты сгорания составляет 16,10 МДж/кг, для каменноугольных фусов – 17,97 МДж/кг. Дальнейший анализ полученных

Таблица 2 – Результаты технического анализа смесей компонентов ТБО и промышленных отходов

Вид добавки промышленных отходов к ТБО	Содержание промышленных отходов в смеси, % масс.					
	0	10	20	30	40	100
Общее содержание влаги в пробе (W^a , % масс.)						
Кислая смолка	30,00	26,10	22,30	19,20	16,10	2,70
Фусы каменноугольные	30,00	28,12	25,12	22,37	19,31	6,98
Антрацитовый штыб	30,00	28,10	25,10	23,71	22,31	13,62
Зольность пробы на сухую массу (A^d , % масс.)						
Кислая смолка	16,20	15,50	14,54	13,60	12,36	7,61
Фусы каменноугольные	16,20	16,01	15,02	14,24	13,33	10,12
Антрацитовый штыб	16,20	17,43	17,81	17,81	18,01	18,29
Выход летучих веществ на сухое беззольное топливо (V^{daf} , % масс.)						
Кислая смолка	31,80	41,51	47,00	52,80	56,40	84,42
Фусы каменноугольные	31,80	32,23	32,61	34,30	34,74	53,23
Антрацитовый штыб	31,80	29,40	23,52	16,46	9,88	7,80
Содержание общей серы (S^a , % масс.)						
Кислая смолка	1,30	2,10	2,91	3,71	4,51	8,03
Фусы каменноугольные	1,30	1,65	2,00	2,35	2,54	3,51
Антрацитовый штыб	1,30	1,30	1,29	1,27	1,25	1,23
Высшая теплота сгорания образца (Q^s , МДж/кг)						
Кислая смолка	6,89	8,05	10,89	13,33	16,10	29,58
Фусы каменноугольные	6,89	9,92	12,76	14,57	17,97	34,41
Антрацитовый штыб	6,89	9,53	14,27	19,97	25,29	33,26

результатов сводился к проверке соответствия характеристик смеси компонентов ТБО и каменноугольных фусов в максимальном варианте добавки последних с нормативами, определяемыми положениями СОУ ЖКГ 03.09-17:2010, являющегося базовым стандартом, определяющим требования к теплотехническим характеристикам альтернативного топлива, получаемого на основе компонентов ТБО в Украине и сравнению характеристик полученных смесей с показателями существующих мировых аналогов [3–6] (табл. 3).

Таблица 3 – Сравнение показателей технического анализа смеси компонентов ТБО и каменноугольных фусов с нормативными требованиями

Наименование показателя	Норматив	Характеристики образца
Общее содержание влаги в пробе (W^a , % масс.)	15–20	19,31
Зольность пробы на сухую массу (A^d , % масс.)	Не более 20	13,33
Выход летучих веществ на сухое беззольное топливо (V^{daf} , % масс.)	Не менее 15	34,74
Содержание общей серы (S^a , % масс.)	Не более 3	2,54
Высшая теплота сгорания (Q^{as} , МДж/кг)	10–20	17,97

ВЫВОДЫ

Как следует из представленных данных, полученные топливные композиции отвечают требованиям стандарта. Проведённое обоснование процентного соотношения компонентов ТБО и связующего в топливных смесях исходя из теплотехнических характеристик полученной опытной партии топливных брикетов указывает на перспективность использования в качестве связующего компонента топливной композиции каменноугольных фусов в количестве 35...40 % масс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Municipal waste statistics [Электронный ресурс] // Eurostat Statistics Explained. – Режим доступа : http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics.
2. Chandrappa, R. Solid Waste management, Environmental Science and Engineering [Текст] / R. Chandrappa, D. B. Das. – London : Springer Heidelberg, 2015. – 414 p.
3. Nicolas, B. Municipal Waste Management in Europe: A Comparative Study in Building Regimes [Текст] / B. Nicolas, G. Oliver. – Paris : Seiten, 2010. – 232 p.

4. Pawlowski, L. V. Thermal solid waste utilisation in regular and industrial facilities [Текст] / L. V. Pawlowski, M. R. Dudzinska, M. A. Gonzalez. – New York : Springer International Publishing 2000. – 474 p.
5. Альтернативное топливо из твердых бытовых отходов [Текст] / В. В. Бушихин, А. Ю. Ломтев, А. Г. Будко, В. М. Пахтинов // Твердые бытовые отходы. – 2015. – № 4(106). – С. 38–41.
6. Альтернативные топлива из твердых отходов применение и легализация [Текст] / В. В. Бушихин, О. Н. Кайгородов, Г. М. Полозов, О. Е. Федосеев // Экологический вестник России. – 2013. – № 5 – С. 42–45.
7. Альтернативное топливо из ТКО в современной России [Текст] / А. Ю. Ломтев, В. В. Бушихин, Г. П. Колтон, Г. Б. Еремин, А. О. Карелин // Твердые бытовые отходы. – 2015. – № 10 (112). – С. 24–25.
8. Branchini, L. Waste-to-Energy Advanced Cycles and New Design Concepts for Efficient Power Plants [Текст] / L. Branchini. – Bologna : Springer International Publishing, 2015. – 143 p.
9. Пособие по мониторингу полигонов твердых бытовых отходов [Текст]. – Донецк : Тасис, 2004. – 293 с.
10. Половян, А. В. Экономика Донецкой Народной Республики: состояние, проблемы, пути решения [Текст] / А. В. Половян, Р. Н. Лепа. – Донецк : ДИЭИ, 2017. – 59 с.

Получено 14.05.2018

О. М. КАЛІНІХІН ^a, В. О. ГОЛОВКО ^b, Н. А. БУРДАКОВСЬКИЙ ^b
ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТІ СПІЛЬНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ КОМПОНЕНТІВ
ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ І ВІДХОДІВ КОКСОХІМІЧНИХ ЗАВОДІВ

^a ДОУ ВПО «Донецький національний технічний університет», ^b ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Незважаючи на все більш зростаючу роль комплексної біотермічної переробки твердих побутових відходів (ТПВ) в промислово розвинених країнах, як і раніше актуальними залишаються методи, спрямовані на отримання вторинних палив з окремих компонентів ТПВ, Refuse Derived Fuel (RDF). Спалювання такого роду палив в теплотехнічних процесах має кілька переваг, таких як економія невідновлюваних паливних ресурсів, відсутність протиріч з проектами по роздільному сортуванні ТПВ, висока гнучкість технології процесу переробки, що дозволяє провадити економічне і екологічне коригування якості товарного продукту. У даній роботі представлені результати обґрунтування раціональних складів паливних композицій на основі компонентів ТПВ та відходів коксохімічних заводів.

Ключові слова: тверді побутові відходи, смолисті відходи коксохімічних заводів, спільна переробка, паливні композиції, в'язивник.

OLEG KALINIHN ^a, VERA GOLOVKO ^b, NIKITA BURDAKOVSKIY ^b
EVALUATION OF PERSPECTIVE OF JOINT WASTE UTILIZATION OF
COMPONENTS OF DOMESTIC WASTES AND WASTES OF COKE-CHEMICAL
PLANTS

^a SEI of Higher Vocational Education «Donetsk National Technical University», ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Despite the increasing role of complex biothermal processing of solid domestic waste (MSW) in industrially developed countries, methods aimed at obtaining secondary fuels from separate components of solid domestic waste, Refuse Derived Fuel (RDF), remain relevant. Burning of such fuels in heat engineering processes has several advantages, such as saving non-renewable fuel resources, the absence of contradictions with projects for separate sorting of solid waste, the high flexibility of processing technology, which allows economic and environmental adjustment of the quality of the commodity. In this paper, the results of the rationale for the rational compositions of fuel compositions based on the components of solid waste and waste from coke plants presented.

Key words: solid household waste, resinous waste of coke plants, co-processing, fuel compositions, binder.

Калинин Олег Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: процессы переработки твердых бытовых отходов, исследование свойств и практические аспекты производства топливных композиций на основе компонентов твердых бытовых отходов, биологическая конверсия органической части твердых бытовых отходов.

Головко Вера Алексеевна – бакалавр кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие перспективности совместной утилизации компонентов бытовых отходов и отходов коксохимических заводов.

Бурдаковский Никита Андреевич – магистрант кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие перспективности совместной утилизации компонентов бытовых отходов и отходов коксохимических заводов.

Калініхін Олег Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної екології та охорони навколишнього середовища ГОУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: процеси переробки твердих побутових відходів, дослідження властивостей і практичні аспекти виробництва паливних композицій на основі компонентів твердих побутових відходів, біологічна конверсія органічної частини твердих побутових відходів.

Головко Віра Олексіївна – бакалавр кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток перспективності спільної утилізації компонентів побутових відходів і відходів коксохімічних заводів.

Бурдаковський Микита Андрійович – магистрант кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток перспективності спільної утилізації компонентів побутових відходів і відходів коксохімічних заводів.

Kalinihin Oleg – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Applied Ecology and Environmental Protection Department, SEI of Higher Vocational Education «Donetsk National Technical University». Scientific interests: processes of solid domestic waste processing, research of properties and practical aspects of production of fuel compositions on the basis of solid domestic waste components, biological conversion of organic part of solid household waste. Author of 20 scientific publications in periodical peer-reviewed scientific publications.

Colovko Vera – Bachelor's degree, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of prospects for joint utilization of household waste components and waste from coke plants.

Burdakovskiy Nikita – Master's degree, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: develop the prospects of joint utilization of household waste components and waste from coke plants.