

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

DOI 10.15593/2409-5125/2019.02.01

УДК 504.064.47: 662.8.053.3

О.Н. Калинин

Донецкий национальный технический университет

ПРИРОДООХРАННОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОМПОНЕНТОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ И ОТХОДОВ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рост производства и утилизации вторичного топлива на основе различных видов отходов производства и процессов потребления является устойчивым трендом развития ресурсосберегающих технологий в промышленно развитых странах мира. Отраслевые решения в данной сфере деятельности ориентированы прежде всего на максимальное извлечение ресурсного потенциала и минимизацию возможного негативного влияния на окружающую среду и здоровье человека.

Статья является логическим продолжением исследований автора, направленных на обоснование и последующее внедрение технологии совместной переработки компонентов твердых бытовых отходов и отходов коксохимических заводов с целью получения и последующей термической утилизации топливных композиций.

Представлены результаты природоохранного обоснования технологии совместной термической утилизации топливных составов на основе компонентов твердых бытовых отходов и отходов коксохимических заводов. Получена имитационная модель процесса совместной термической утилизации твердых бытовых отходов и отходов коксохимических заводов с последующим прогнозированием на ее основе состава продуктов сгорания и характера эмиссии загрязняющих веществ, образующихся при сжигании смесей отходов. На основе данных имитационного моделирования процесса рассеивания загрязняющих веществ на границе санитарно-защитной зоны предприятия по сжиганию смесей отходов дана оценка потенциального влияния на окружающую природную среду.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, смолистые отходы коксохимических предприятий, совместная переработка, топливные композиции, сжигание, имитационное моделирование, рассеивание примесей.

Калинин О.Н. Природоохранное обоснование ресурсосберегающей технологии совместной переработки компонентов твердых бытовых отходов и отходов коксохимических предприятий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2019. – № 2. – С. 22–34. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.02.02

Kalinihin O. Environmental Justification of a Resource-saving Technology of Joint Processing of Components of Municipal Solid Waste and Waste of By-product Coking Industry. PNRPU. Applied Ecology. Urban Development. 2019. No. 2. Pp. 22-34. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.02.02

Важнейшим фактором, определяющим пригодность использования той или иной ресурсосберегающей технологии термической утилизации твердых бытовых отходов (ТБО), является ее природоохранный аспект. Очевидно, что он напрямую определяется характером продуктов термического распада, мигрирующих в окружающую среду и способных оказать на нее негативное воздействие. Следовательно, обоснование технологии производства и утилизации топливных композиций [1] должно в обязательном порядке предусматривать анализ состава термических продуктов распада топливных смесей и оценку характера их ассимиляции окружающей средой. При этом особый интерес представляет природоохранный аспект вовлечения вторичного топлива в энергетический баланс крупных перерабатывающих предприятий [2], в частности анализ влияния на количественный и качественный состав выбросов загрязняющих веществ мусоросжигающих заводов (МСЗ), процесса замены штатного потока ТБО на комплексные топливные смеси, содержащие как компоненты ТБО, так и побочные продукты коксохимического производства (КХП).

Цель данной работы – получение имитационной модели процесса совместной термической утилизации ТБО и отходов КХП с последующим прогнозированием на ее основе состава продуктов сгорания и характера эмиссии загрязняющих веществ, образующихся при сжигании смесей отходов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- 1) на основе анализа сложившейся в мире практики термической утилизации ТБО определить основные технологические параметры предприятий по их сжиганию;
- 2) обосновать иерархическую структуру имитационной модели;
- 3) исходя из данных экспериментальных исследований, предложить начальные условия проведения имитационного моделирования;
- 4) получить на основе имитационной модели данные о рассеивании загрязняющих веществ на границе санитарно-защитной зоны предприятия по сжиганию смесей отходов с оценкой влияния на окружающую природную среду процесса совместной термической утилизации ТБО и отходов КХП.

Мировая практика показывает, что наилучшие и наиболее безопасные условия по переработке RDF обеспечивают мусоросжигательные заводы (МСЗ) [3]. Существует несколько типов МСЗ, но наибольшее распространение получили заводы, оборудованные топочными устройствами с обратно переталкивающими колосниковыми решетками [4, 5]. Технологическая схема МСЗ с мусоросжигательными котлами, оборудованными обратно переталкивающими колосниковыми решетками, приведена на рис. 1.

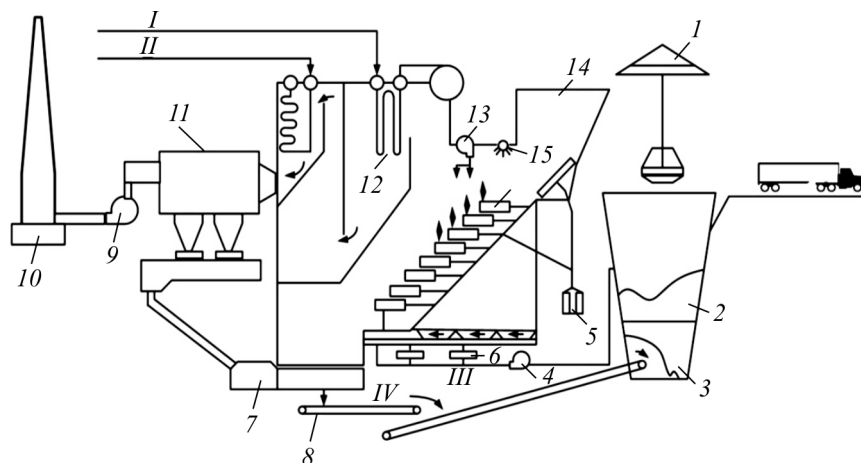


Рис. 1. Технологическая схема МСЗ: 1 – мостовой грейферный кран; 2, 3 – брикетный и шлаковый отсеки бункера-накопителя; 4 – вентилятор первичного дутьевого воздуха; 5 – станция гидропривода; 6 – паровые калориферы-воздухонагреватели; 7 – шлакоизвлекатель; 8 – ленточные транспортеры; 9 – дымосос; 10 – дымовая труба; 11 – электростатический фильтр; 12 – котел-утилизатор; 13 – вентилятор вторичного воздуха; 14 – загрузочный бункер; 15 – растопочная горелка; 16 – колосниковая решетка; I – пар; II – вода; III – воздух; IV – шлак

Основные технологические параметры МСЗ, используемые в процессе имитационного моделирования, соответствовали характеристикам Московского МСЗ № 2 (табл. 1) [6, 7].

Таблица 1

Технологические характеристики МСЗ

Показатель, единицы измерения	Значение	Значение, принятое при моделировании
Количество мусоросжигательных котлов, шт.	1–10	2
Количество природного газа, необходимое для сжигания 1 т ТБО, м ³	80–120	90
Пропускная способность МСЗ по сжигаемым ТБО, т ТБО/ч	10–100	100
Предельный низший уровень теплоты сгорания ТБО, МДж/кг	6–7	7
Минимальный необходимый суточный запас ТБО, т	300–2500	2500
Отклонение величины топливной загрузки от проектной, %	3–5	5
Температура в топочном пространстве над колосниками, °С	850–1300	1100

Окончание табл. 1

Показатель, единицы измерения	Значение	Значение, принятое при моделировании
Минимальное время пребывания дымовых газов в зоне дожигания печи, с	2–4	2
Количество вырабатываемого тепла в год, тыс. Гкал	60–240	240
Количество вырабатываемого пара, т/ч	30–150	150
Количество вырабатываемой электроэнергии в год, кВт·ч	$1 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^8$
Количество шлака, образующегося при сжигании 1 т ТБО, кг	200–300	300

Анализ технологических параметров Московского МСЗ № 2 и опыта использования методики расчета значения приземной концентрации при сжигании ТБО [8, 9] дали возможность разработать имитационную модель расчета значения приземной концентрации при сжигании смесей твердых бытовых отходов и смолистых отходов КХП.

Построение модели было основано на использовании файлов временных рядов, характеризующих исходные данные для моделирования переноса выбросов вредных веществ, а также на применении алгоритма оценки выбросов летучей золы, диоксидов серы и азота, оксида углерода (II). Реализация модели осуществлялась в системе компьютерной математики Matlab, являющейся признанным стандартом в процессах моделирования взаимодействия сложных технических систем с окружающей средой [10–12].

Структура имитационной модели была организована по иерархическому принципу. На верхнем уровне иерархии выделяются основные подсистемы: блок «Исходные данные», моделирующий блок «Моделирование выбросов» и блоки «Метеорологические показатели», «Перенос примесей». Структура компьютерной модели приведена на рис. 2.

Подсистема «Исходные данные» имитационной модели предполагала графическую компоновку входных параметров с учетом необходимого для моделирования выбросов вредных веществ перечня параметров (например, теплота сгорания, зольность, содержание общей серы, количество загруженных отходов, производительность). Данные параметры характеризовали процесс сжигания на заводе смеси ТБО и смолистых отходов КХП.

В процессе проведения вычислительного эксперимента моделирование исходных данных осуществлялось для трех вариантов сжигания смесей отходов: сжигание смеси ТБО и каменноугольных фусов (60+40 мас. %); сжигание смеси ТБО и кислой смолки (60+40 мас. %); сжигание ТБО (100 мас. %).

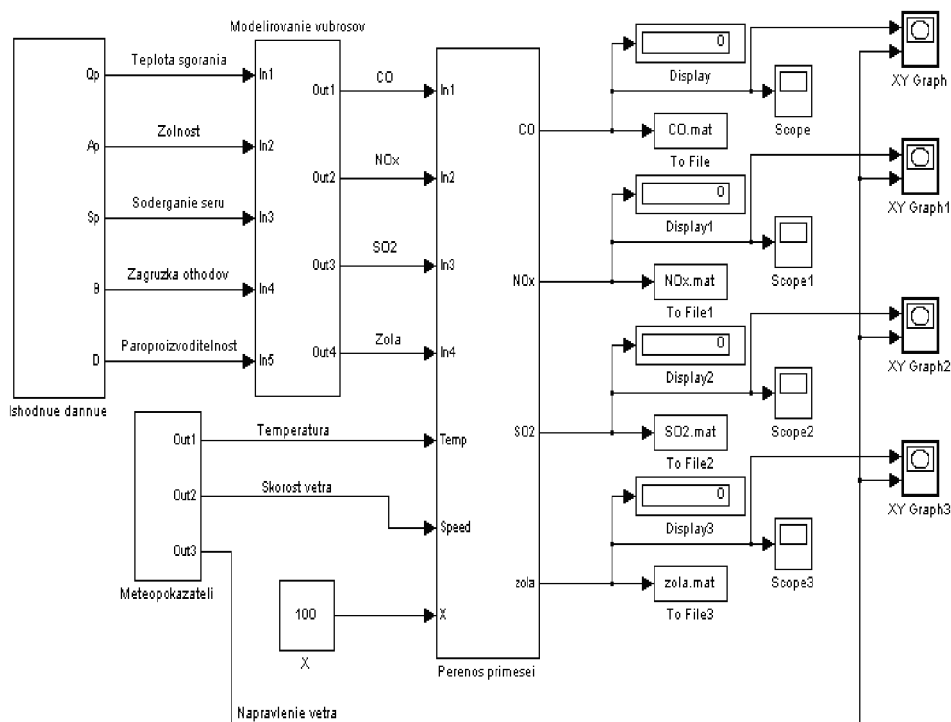


Рис. 2. Блок-схема компьютерной модели, выполненная средствами Simulink

Для случая величин паропроизводительности, величин загрузки смеси ТБО и отходов КХЗ применялись генераторы равномерного распределения, с этой целью использовались matlab-функции `unifrnd` [13, 14].

Максимальные и минимальные значения параметров для имитационных расчетов при определении функций `unifrnd` приведены в табл. 2–4. В случае моделирования показателей «зольность», «массовая доля серы» и «рабочая теплота сгорания топлива» применялись нормально распределенные генераторы случайных чисел вида `normrnd`. Соответствующие исходные данные, характеризующие средние показатели и стандартные отклонения, приведены в табл. 2–4.

Таким образом, было рассмотрено шесть наборов различных исходных данных в достаточно широком диапазоне изменения параметров. Это позволило оценить всю область определения параметров, характеризующих процессы сжигания отходов. Варианты расчетов задавались путем изменения содержания блоков в подсистеме «Исходные данные».

Таблица 2

Диапазоны изменения исходных данных моделирования выбросов вредных веществ при сжигании смеси ТБО и каменноугольных фусов (60+40 мас. %)

Показатель	Минимум	Максимум	Среднее значение по испытаниям	Стандартное отклонение
Зольность пробы на рабочую массу A^p , %	13,20	13,68	13,33	0,24
Массовая доля серы в рабочем топливе S^p , %	2,54	2,76	2,64	0,19
Рабочая теплота сгорания топлива Q^p , МДж/кг	13,92	15,44	14,44	0,69
Производительность теплоагрегата по сжигаемым отходам B , т/ч	19	21	–	–

Таблица 3

Диапазоны изменения исходных данных моделирования выбросов вредных веществ при сжигании смеси ТБО и кислой смолки (60+40 мас. %)

Показатель	Минимум	Максимум	Среднее значение по испытаниям	Стандартное отклонение
Зольность пробы на рабочую массу A^p , %	11,20	13,78	12,36	0,61
Массовая доля серы в рабочем топливе S^p , %	4,14	4,81	4,51	0,34
Рабочая теплота сгорания топлива Q^p , МДж/кг	13,05	14,01	13,64	0,52
Производительность теплоагрегата по сжигаемым отходам B , т/ч	19	21	–	–

Таблица 4

Диапазоны изменения исходных данных моделирования выбросов вредных веществ при сжигании ТБО (100 мас. %)

Показатель	Минимум	Максимум	Среднее значение по испытаниям	Стандартное отклонение
Зольность пробы на рабочую массу A^p , %	15,8	16,5	16,20	0,36
Массовая доля серы в рабочем топливе S^p , %	1,23	1,43	1,30	0,10
Рабочая теплота сгорания топлива Q^p , МДж/кг	3,67	5,11	4,43	0,72
Производительность теплоагрегата по сжигаемым отходам B , т/ч	19	21	–	–

Подпрограмма «Моделирование выбросов» моделировала выбросы летучей золы, оксидов серы, оксидов азота и оксида углерода (II) в соответствии с алгоритмом методики. Подсистема позволяла производить ручную настройку количественного влияния на такие факторы, как процентное содержание кислой смолки и каменноугольных фусов в смеси, содержание серы, производительность котлоагрегата МСЗ. Подсистема «Метеорологические показатели» позволяла произвести подключение базы данных по метеорологическим показателям, характерным для г. Донецка (данные по температуре, скорости и направлению ветра). Для этого использовались блоки «Matlab-Function», где базы данных по перечисленным выше показателям были представлены в виде М-функций. М-функции характеризовали собой текущие данные среднесуточных показателей и обеспечивали связь объектной модели с базой данных о метеопоказателях г. Донецка, которые представлены в виде библиотеки Matlab. Метеорологические показатели были взяты за период 2016–2017 годов и представлены среднесуточными данными по температуре воздуха, направлению и скорости ветра. Пример данных относительно динамики температуры атмосферного воздуха на территории города Донецка в 2016–2017 годах представлен на рис. 3.

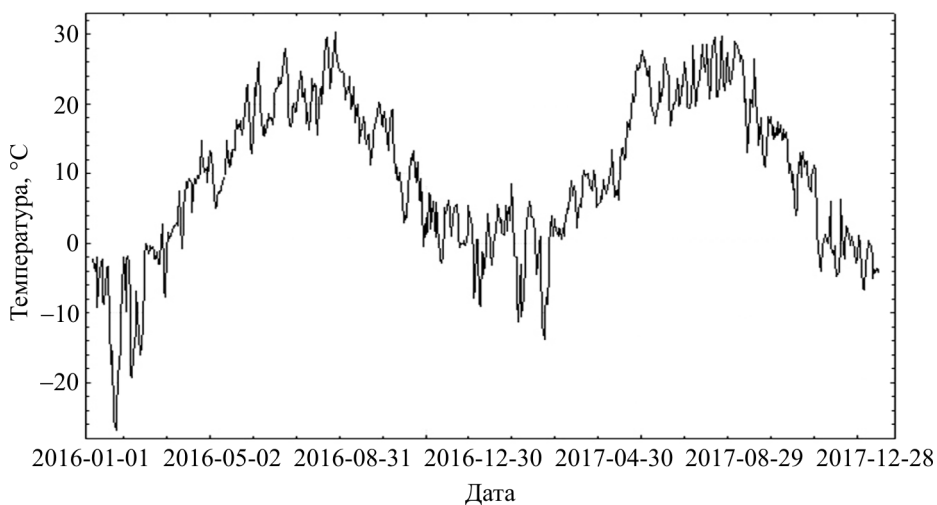


Рис. 3. Динамика температуры атмосферного воздуха на территории г. Донецка в 2016–2017 годах

Подсистема «Перенос примесей» производила моделирование загрязнения атмосферного воздуха на границе МСЗ в соответствии с методикой [9]. Результаты расчета записывались в файл, выводились на дисплей, представлялись в графическом и численном виде. Основными

функциями приведенной на рис. 2 компьютерной модели являлись перечисленные ниже процессы и операции.

1. Выбор варианта смеси ТБО и промышленных отходов и моделирование следующих данных: удельной теплоты сгорания топливной загрузки, МДж/кг; содержания золы в топливной загрузке, %; содержания общей серы в топливной загрузке, %; количества поступающих на сжигание отходов, т/ч.

2. Настройка и отображение входных параметров и визуализация переменных при различных сценариях протекания процесса с учетом заданных исходных данных.

3. Возможность графического построения моделей под конкретную конфигурацию технологии сжигания смесей отходов для оценки соответствующих выбросов вредных веществ.

4. Статистическое моделирование параметров и характеристик в процессе оценки выбросов с использованием генераторов случайных чисел.

5. Проведение расчетов по оценке выбросов вредных веществ для каждого сценария сжигания смесей твердых бытовых отходов и отходов коксохимических заводов.

6. Визуализация результатов в текстовом и графическом виде, возможность статистической обработки результатов моделирования.

7. Определение параметров выбросов и условий загрязнения атмосферного воздуха в процессе сжигания отходов на основе проведенных вычислительных экспериментов.

Результаты и их обсуждение. Таким образом, использование описанной выше имитационной модели позволило выполнить анализ загрязнения атмосферы в зоне воздействия МСЗ.

Мощность и параметры завода задавались в соответствии с табл. 1. Модель в каждом конкретном случае настраивалась под определенные условия сжигания отходов. Диапазоны изменения исходных данных при моделировании выбросов вредных веществ задавались в соответствии с табл. 2. Оценка достоверности модели осуществлялась путем настройки, проверки и визуализации данных по отдельным подпрограммам и модели в целом. Моделирование загрязнения атмосферы проводилось на границе санитарно-защитной зоны мусоросжигательного завода, размер которой принимался 1000 м. При моделировании метеорологические показатели и особенности микроклимата промышленно-городской территории принимались с учетом рекомендаций М.Е. Берлянда [15]. Среднесезонные и максимальные значения разности температуры воздуха принимались следующими: зима – среднее 1,0 °С (максимальное 6 °С); весна – соответственно 1,8 °С (9 °С); лето – 2,2 °С (11 °С) и осень – 1,4 °С (8 °С).

На рис. 4–5 приведен пример графиков распределения концентрации вредных веществ на границе санитарно-защитной зоны, полученных по результатам имитационного моделирования. Помимо графиков были получены числовые выборки данных значений приземной концентрации (50 000 значений) для различных вариантов сжигания смесей отходов.

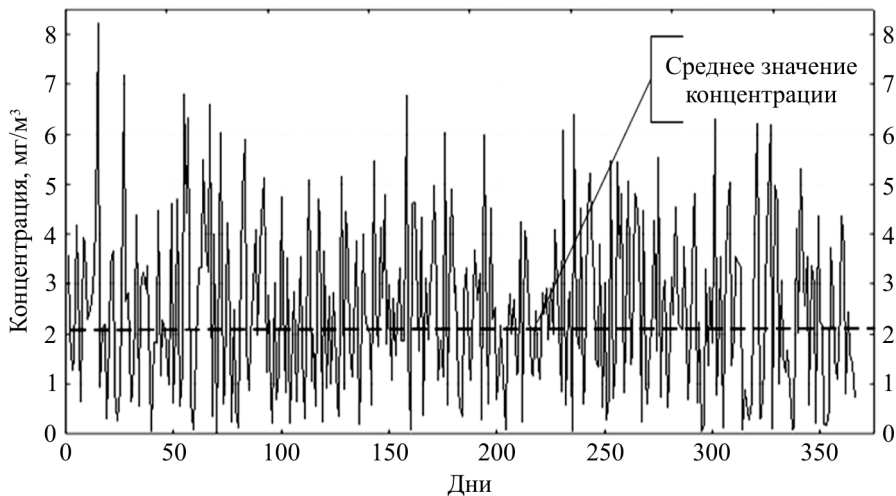


Рис. 4. Распределение концентрации оксида углерода (II) на границе санитарно-защитной зоны мусоросжигательного завода для сжигания смеси ТБО и каменноугольных фусов (60 + 40 мас. %)

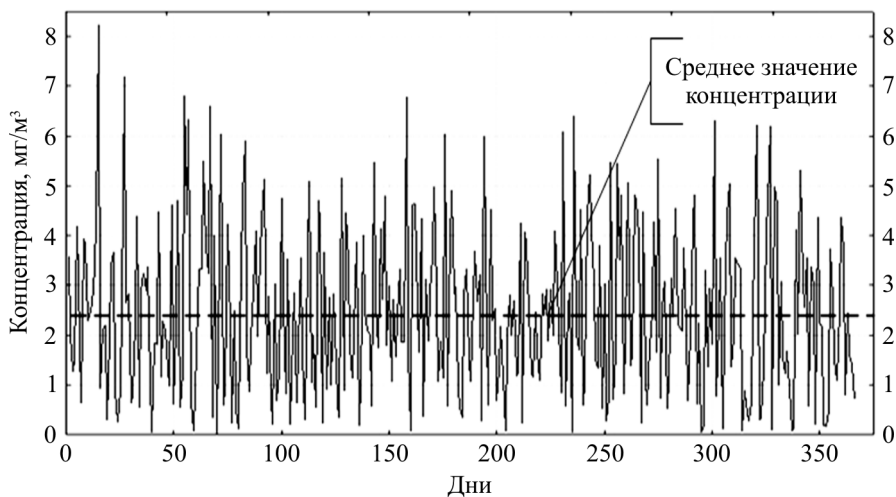


Рис. 5. Распределение концентрации оксида углерода (II) на границе санитарно-защитной зоны мусоросжигательного завода для сжигания смеси ТБО и кислой смолки (60 + 40 мас. %)

Как следует из данных обработки результатов моделирования (рис. 4, 5), на границе санитарно-защитной зоны наблюдается превышение предельно допустимой максимально-разовой концентрации по диоксидам азота и серы.

В случае проведения сжигания смеси ТБО и каменноугольных фусов (60 + 40 мас. %) уровень загрязнения атмосферы снижается по концентрации всех загрязняющих веществ, участвующих в процессе моделирования, в среднем на 10 %.

По условиям загрязнения атмосферы вариант сжигания ТБО и кислой смолки (табл. 2–4) занимает промежуточное положение между 1-м и 3-м вариантами подготовки смесей. Все это позволило сделать вывод, что в качестве рекомендуемого варианта сжигания смесей следует рассматривать вариант с добавлением каменноугольных фусов.

Выводы. По результатам проведенной работы была разработана имитационная модель оценки выбросов загрязняющих веществ комплекса по термической утилизации смесей ТБО и отходов КХП. Предложенная модель позволяет также проводить оценку загрязнения атмосферного воздуха в пределах зоны влияния мусоросжигательного предприятия. Принятый при моделировании подход, основанный на использовании графической среды Simulink, позволяет эффективно компоновать модели за счет использования стандартных модулей из графической библиотеки под конкретную схему термического сжигания твердых бытовых отходов. Полученная имитационная модель процесса сжигания смесей ТБО и отходов КХП отличается учетом стохастичности процессов эмиссии продуктов сгорания, а также использованием исходных данных по составу ТБО, представленных в виде вероятностных моделей. Результаты моделирования могут стать основой для разработки технологического регламента процесса совместной утилизации смеси ТБО и побочных продуктов КХП.

Исходя из анализа уровня загрязнения атмосферы в зоне воздействия предприятия по термической утилизации ТБО, установлено, что в качестве рекомендуемого варианта сжигания смеси следует рассматривать вариант со сжиганием смеси, содержащей ТБО в качестве углеродсодержащего компонента и смолистый отход коксохимических заводов (каменноугольные фусы) в качестве связующего вещества, при следующем соотношении компонентов – мас. %: ТБО – 60–65; каменноугольные фусы – 35–40. Рекомендуемой температурой сжигания является температура 1000 °С.

Библиографический список

1. Калинин О.Н., Синенко Д.Э. Определение эффективного связующего топливной композиции на основе компонентов твердых бытовых отходов и отходов коксохимических заводов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 2. – С. 33–46. – DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.03
2. Вайсман Я.И. Ретроспективный анализ и перспективы развития термических методов обезвреживания и утилизации термических методов обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2015. – № 1. – С. 6–23. – DOI: 10.15593/240985125/2015.01.01
3. Chandrappa R., Das D.B. Solid Waste Management, Environmental Science and Engineering. – London: Springer Heidelberg, 2015. – 414 p. – DOI: 10.1007/978-3-642-28681-0
4. Nicolas B., Oliver G. Municipal Waste Management in Europe: A Comparative Study in Building Regimes. – Paris: Seiten, 2010 – 232 p. – DOI: 10.1007/978-90-481-5292-6
5. Pawlowski L.V., Dudzinska M.R., Gonzalez M.A. Thermal Solid Waste Utilisation in Regular and Industrial Facilities. – New York: Springer International Publishing, 2000. – 474 p. – DOI: 10.1007/978-1-4615-4213-1
6. Малышевский А.Ф. Отходы – энергетический и материальный вторичный ресурс // Твердые бытовые отходы. – 2012. – № 10 (76). – С. 35–42.
7. Тугов А.Н., Родионов В.И. Энергетическая утилизация ТКО в России // Твердые бытовые отходы. – 2017. – № 8 (134). – С. 14–18.
8. Альтернативные топлива из твердых отходов: применение и легализация / В.В. Бушихин, О.Н. Кайгородов, Г.М. Полозов, О.Е. Федосеев // Экологический вестник России. – 2013. – № 5. – С. 42–45.
9. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов: справ. пособие / науч. ред. Д.М. Беньямовский. – М.: Стройиздат, 1989. – 41 с.
10. Mensink C., Kallos G. Air Pollution Modeling and its Application XXV. – Cham: Springer International Publishing Switzerland, 2018. – 609 p. – DOI: 10.1007/978-3-319-57645-9
11. Ekkehard H. Environmental Modeling Using MATLAB. Second Edition. – Berlin: Springer-Verlag Heidelberg, 2012. – 412 p. – DOI: 10.1007/978-3-642-22042-5
12. Shahab A. Data-Driven Modeling: Using MATLAB in Water Resources and Environmental Engineering. – Dordrecht: Springer Science+Business Media, 2014. – 292 p. – DOI: 10.1007/978-94-007-7506-0
13. Kravivin F., Costas A., Soldatov V. New Ecoinformatics Tools in Environmental Science – Cham: Springer International Publishing Switzerland, 2015. – 903 p. – DOI: 10.1007/978-3-319-13978-4
14. Branchini L. Waste-to-Energy Advanced Cycles and New Design Concepts for Efficient Power Plants. – Bologna: Springer International Publishing, 2015. – 143 p. – DOI: 10.1007/978-3-319-13608-0
15. Berlyand M. Prediction and Regulation of Air Pollution. – Bonn: Kluwer Academic Publishers, 1991. – 312 p. – DOI: 10.1007/978-94-011-3768-3

References

1. Kalinikhin O.N., Sinenko D.E. Opredeleniye effektivnogo svyazuyushchego toplivnoy kompozitsii na osnove komponentov tverdykh bytovykh otkhodov i otkhodov koksokhimicheskikh zavodov [Determination of effective binder for a fuel composition based on components of municipal solid waste and waste of coking plants]. *PNRPU Bulletin. Applied ecology. Urban development*, 2018, no. 2 (30), pp. 33-46. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.03
2. Vaysman Ya.I. Retrospektivnyy analiz i perspektivy razvitiya termicheskikh metodov obezvrezhivaniya i utilizatsii termicheskikh metodov obezvrezhivaniya i utilizatsii tvordykh bytovykh otkhodov [Retrospective analysis and development prospects for the thermal waste neutralization and recycling]. *PNRPU Bulletin. Applied ecology. Urban development*, 2015, no. 1 (16), pp. 6-23. DOI: 10.15593/240985125/2015.01.01

3. Chandrappa R., Das D.B. Solid Waste management, Environmental Science and Engineering. London: *Springer Heidelberg*, 2015, 414 p. DOI 10.1007/978-3-642-28681-0
4. Nicolas B., Oliver G. Municipal Waste Management in Europe: A Comparative Study in Building Regimes. Paris: *Seiten*, 2010, 232 p. DOI 10.1007/978-90-481-5292-6
5. Pawlowski L.V., Dudzinska M.R., Gonzalez M.A. Thermal solid waste utilisation in regular and industrial facilities. New York: *Springer International Publishing*, 2000, 474 p. DOI 10.1007/978-1-4615-4213-1
6. Malyshevskiy A.F. Otkhody – energeticheskiy i material'nyy vtorichnyy resurs [Waste – energy and material secondary resource]. *Tverdyye bytovyye otkhody*, 2012, no. 10 (76), pp. 35-42
7. Tugov A.N., Rodionov V.I Energeticheskaya utilizatsiya TKO v Rossii [Waste – energy and material secondary resource]. *Tverdyye bytovyye otkhody*, 2017, no. 8 (134), pp. 14-18
8. Bushihin V.V., Kaygorodov O.N., Polozov G.M., Fedoseev O.E. Alternativnyie topliva iz tverdyih othodov primenenie i legalizatsiya [Alternative fuels from solid waste application and legalization]. *Ekologicheskiy vestnik Rossii*, 2013, no. 5, pp. 42-45
9. Benyamovsky D.M. Metodicheskiye ukazaniya po raschetu vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu ot musoroszhigatel'nykh i musoropererabatyvayushchikh zavodov [Guidelines for calculating emissions of pollutants into the atmosphere from incinerators and recycling plants]. Moscow: *Stroyizdat*, 1989, 41 p.
10. Mensink C., Kallos G. Air Pollution Modeling and its Application XXV. Cham: *Springer International Publishing Switzerland*, 2018, 609 p. DOI: 10.1007/978-3-319-57645-9
11. Ekkehard H. Environmental Modeling Using MATLAB. Second Edition. Berlin: *Springer-Verlag Heidelberg*, 2012, 412 p. DOI: 10.1007/978-3-642-22042-5
12. Shahab A. Data-Driven Modeling: Using MATLAB in Water Resources and Environmental Engineering. Dordrecht: *Springer Science+Business Media*, 2014, 292 p. DOI: 10.1007/978-94-007-7506-0
13. Krapivin F., Costas A., Soldatov V. New Ecoinformatics Tools in Environmental Science. Cham: *Springer International Publishing Switzerland*, 2015, 903 p. DOI: 10.1007/978-3-319-13978-4
14. Branchini L. Waste-to-Energy Advanced Cycles and New Design Concepts for Efficient Power Plants. Bologna: *Springer International Publishing*, 2015 – 143 p. – DOI: 10.1007/978-3-319-13608-0
15. Berlyand M. Prediction and Regulation of Air Pollution. Bonn: *Kluwer Academic Publishers*, 1991, 312 p. DOI: 10.1007/978-94-011-3768-3

Получено 13.12.2018

O. Kalinihin

**ENVIRONMENTAL JUSTIFICATION
OF A RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF JOINT PROCESSING
OF COMPONENTS OF MUNICIPAL SOLID WASTE
AND WASTE OF BY-PRODUCT COKING INDUSTRY**

The growth of production and recycling of secondary fuels based on various types of industrial and municipal solid waste is a steady trend in the development of resource-saving technologies in the industrialized countries of the world. Branch-wise solutions in this field of activity are focused primarily on maximizing resource potential and minimizing possible negative impact on the environment and human health. This article is a logical continuation of the author's research aimed at justifying and subsequent implementation of the technology of joint processing of components of municipal solid waste and waste of by-product coking industry with the aim of obtaining and subsequent thermal utilization of fuel compositions. The results of the environmental assessment of the technology of joint thermal utilization of fuel compositions based on components of municipal solid waste and

waste of by-product coking industry are presented. A simulation model of the process of joint thermal utilization of municipal solid waste and waste of by-product coking industry was developed, with subsequent prediction on its basis of the composition of the combustion products and the nature of the pollutants emissions from the incineration of waste mixtures. Based on the data of simulation modeling of the dispersion of pollutants at the boundary of the sanitary protection zone of the incineration plant, an assessment of the potential impact on the environment is given.

Keywords: municipal solid waste, resinous waste of by-product coking industry, co-processing, fuel compositions, incineration, simulation, dispersion of impurities.

Олег Николаевич Калинихин (Донецк, Украина) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Прикладная экология и охрана окружающей среды», Донецкий национальный технический университет (83001, Донецк, ул. Артема, 58, e-mail: kalinihin@gmail.com).

Kalinihin Oleg (Donetsk, Ukraine) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Applied Ecology and Environment Protection, Donetsk National Technical University (83001, Donetsk, Artema st., 58, e-mail: kalinihin@gmail.com).