



УДК 621.74

Поступила 03.06.2015

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК И ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ PROSPECTS FOR THE USE OF WASTE OILS AS ALTERNATIVE FUEL IN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MANUFACTURING OF CASTINGS AND FOUNDRY MOLDS

А. С. ПАНАСЮГИН, Н. П. МАШЕРОВА, Д. П. МИХАЛАП, С. П. ЗАДРУЦКИЙ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

A. S. PANASYUGIN, N. P. MASHEROVA, D. P. MIKHALAP, S. P. ZADRUTSKY, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Исследован количественный и качественный состав газовых выделений. Определено количественное содержание CO, CO₂, NO_x, O₂, предельных углеводородов и производных бензола в реакционной зоне в зависимости от времени протекания процесса при температурах 400–800 °С. Приведен перечень организаций, где практически реализована идея использования отработанных масел в качестве альтернативного топлива.

Quantitative and qualitative composition of the gas emission has been investigated. Quantity of CO, CO₂, NO_x, O₂, paraffin hydrocarbons and benzene derivatives in the reaction zone depending on the duration of the process and temperature 400–800 °C has been determined. The list of organizations utilizing waste oils as alternative fuel is presented.

Ключевые слова. *Отработанное масло, альтернативное топливо, газовые выбросы, отходы синтетических и минеральных масел.*

Keywords. *Waste oil, alternative fuel, gas emissions, synthetic and mineral oil waste.*

На сегодняшний день производство отливок, кроме собственно процессов плавки и заливки жидкого металла в литейные формы, предполагает проведение ряда технологических операций, предшествующих проведению данных процессов. В основном это подготовка песчано-глинистых смесей, изготовление литейных форм, стержней, сушка и предварительный нагрев ковшей и т. д. В любом случае необходимо использовать электрический нагрев или устройства, использующие различные теплоносители (природный газ, мазут, солярка, печное топливо и др.).

В настоящее время жидкие углеводороды используются в различных отраслях народного хозяйства, начиная с тяжелой индустрии и заканчивая легкой промышленностью и сельским хозяйством. Для подавляющего числа механических узлов необходимы смазки, которые через определенный срок эксплуатации теряют свои потребительские свойства. В результате образуется большое количество отработанных масел. При современном дефиците энергоносителей захоронение отработанных масел является нецелесообразным.

На данный момент установлено, что ряд отработанных органических продуктов может представлять интерес в качестве альтернативных источников энергии [1, 2]. Так, в качестве энергоносителей можно использовать углеводородсодержащие отходы, которые в соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь [3], относятся к группе IV «Отходы продуктов переработки нефти»:

А «Отходы синтетических и минеральных масел»,

В «Отходы эмульсий и смесей нефтепродуктов»,

Г «Отходы добычи нефти»,

Д «Шламы минеральных масел, остатки, содержащие нефтепродукты»,

Е «Остатки рафинирования нефтепродуктов».

Из приведенного выше перечня отходов продуктов переработки нефти для использования в качестве альтернативных энергоносителей наиболее привлекательны отходы синтетических и минеральных масел. Эти материалы имеют достаточно стабильный химический состав и высокое содержание органической составляющей. Данное обстоятельство определяет высокую экономическую эффективность их использования за счет дешевизны самого теплоносителя, его высокой теплотворности и относительной простоты аппаратного оформления процесса сжигания.

Топливные свойства жидких углеводородов определяются рядом характеристик: теплотой сгорания, химическим составом (например, содержание таких элементов, как хлор Cl, углерод C, водород H, азот N и сера S), влажностью, количеством летучих веществ, содержанием и составом золы, характеристиками плавления золы и ее ошлакования.

Процесс горения жидкого топлива включает в себя следующие стадии: смешение капель топлива с воздухом, их подогрев, испарение, термическое разложение, образование газовой фазы, воспламенение и завершение окисления газовой фазы. Известно, что при низких температурах наличия топлива и кислорода воздуха не достаточно для инициирования процесса окисления газовой фазы. Предварительный подогрев, необходимый для активации процесса окисления топлива, первоначально создается открытым факелом, электроподжигом или же другим источником высокой температуры. В дальнейшем частицы горящего топлива, горячие газы, а также активная зона агрегата, сжигающего топливо, способствуют подогреву и протеканию реакции горения вновь поступающей топливно-воздушной смеси.

При недостатке воздуха происходит термическая деструкция углеводородов. В результате этого образуются легкие и тяжелые углеводороды. Легкие углеводороды и водород сгорают быстро. Тяжелые высокомолекулярные углеводороды и сажа достаточно трудно окисляются, вследствие чего значитель-

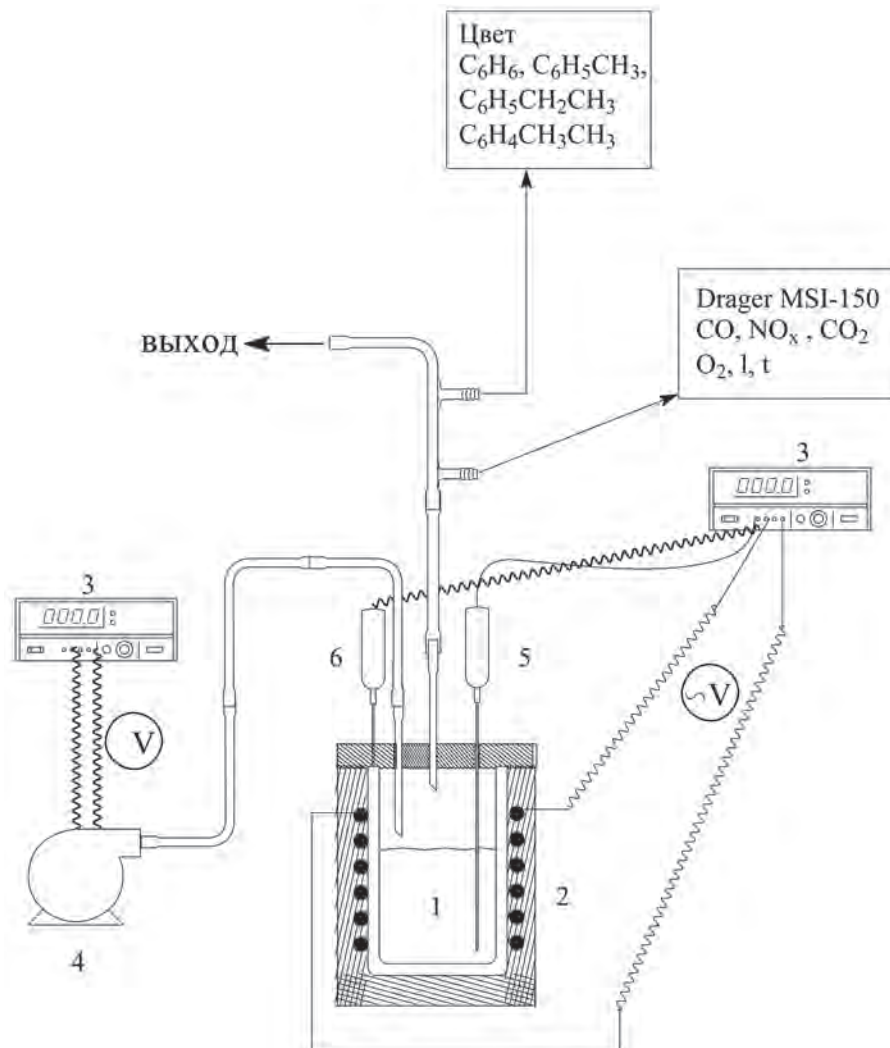


Рис. 1. Схема модельной установки: 1 – тигель с образцом масла; 2 – реактор; 3 – управляющие потенциостаты; 4 – компрессор; 5 – термопара, контролирующая температуру образца; 6 – термопара, контролирующая температуру реактора

ная несгоревшая их часть уносится из зоны горения или образует коксовые наросты на стенках технологического оборудования.

В качестве объектов исследования использовали отфильтрованные от механических включений отработанные моторные масла.

Целью настоящей работы являлось определение количественного и качественного состава выбросов в атмосферу на начальной стадии пиролиза отработанных моторных масел (до фазы их активного горения в открытом пламени), поскольку именно на данном этапе образуется основная масса выбросов.

Для проведения работ использовали следующее оборудование: весы аналитические OHAUS Explorer Pro, точность измерений 0,1 мг; хроматограф газовый «Цвет»; газоанализатор Drager MSI-150.

В качестве модельной системы для сжигания отработанных масел использовали установку, показанную на рис. 1.

Реактор нагревали до температур 400, 600 и 800 °С, выдерживали 2 ч, затем в него помещали тигель с образцом масла и подводили воздушное дутье.

На газоанализаторе Drager MSI-150 проводили непрерывный контроль содержания CO, CO₂, NO_x, O₂ по методике, описанной в [4].

Периодический контроль содержания предельных углеводородов и производных бензола в пробах, отобранных при температурах 400, 600 и 800 °С, осуществляли на газовом хроматографе «Цвет» по методике [5].

Результаты испытаний

Усредненные результаты испытаний представлены на рис. 2–6 и в табл. 1, 2. Как следует из полученных данных, выделение загрязняющих веществ зависит от стадии процесса пиролиза.

Из рисунков видно, что процесс пиролиза отработанных масел протекает достаточно сложным образом.

Сопоставление данных, приведенных на рис. 2 и в табл. 1 для NO_x, дает основание полагать, что значительная часть азотсодержащих органических соединений (наиболее легкие фракции) окисляется в течение первых 10 мин при 400 °С (43,6 мас.%). При температуре реакционной зоны 600 °С просматриваются два временных интервала: первый до 3 мин, второй от 3 до 11 мин, соответственно 19,8 и 9,7 мас.%, это можно отнести к процессам окисления средних и тяжелых фракций азотсодержащих органических соединений. Оксиды азота, выявленные при 800 °С, с большой долей вероятности можно считать продуктами окисления соединений, образовавшихся из углеводородных органических соединений и азота, содержащегося в воздухе, поскольку в подавляющем большинстве случаев отходящие газы так или иначе контактируют с поверхностями, содержащими оксиды железа, которые являются активными катализаторами окисления азота [6].

При анализе данных, приведенных на рис. 3, 4 и в табл. 1, видно, что если для диоксида углерода при температурах 400, 600 и 800 °С наблюдается четкая тенденция сужения временного интервала его выде-

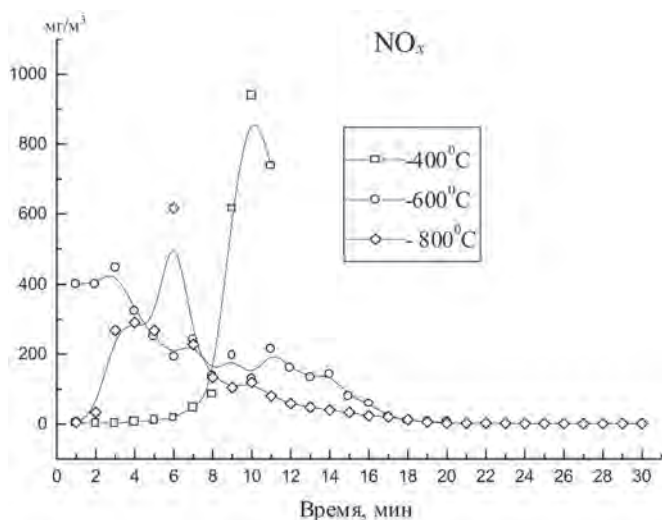


Рис. 2. Изменение содержания оксидов азота в отходящих газах в ходе протекания процесса пиролиза при различных температурах

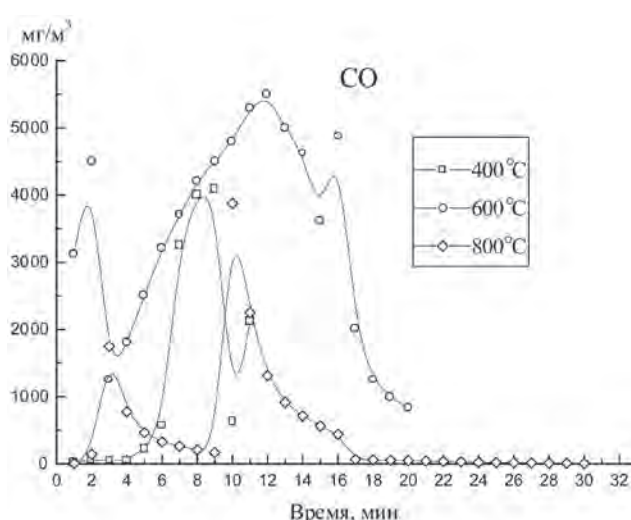


Рис. 3. Изменение содержания оксида углерода в отходящих газах в ходе протекания процесса пиролиза при различных температурах

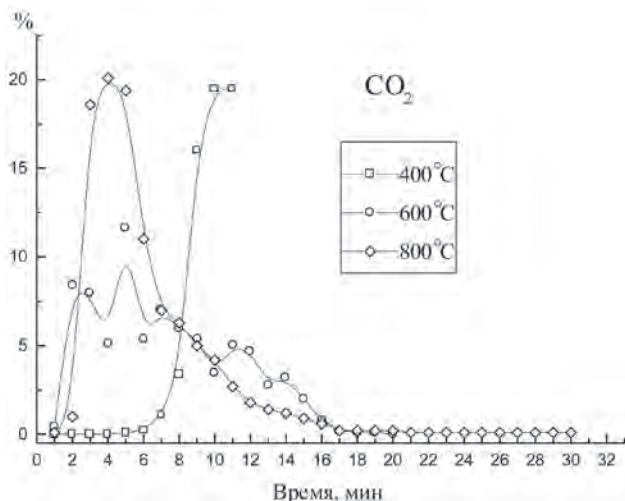


Рис. 4. Изменение содержания диоксида углерода в отходящих газах в ходе протекания процесса пиролиза при различных температурах



Рис. 5. Изменение суммарного содержания предельных углеводородов C₅–C₁₀ в температурном интервале 400–800 °C

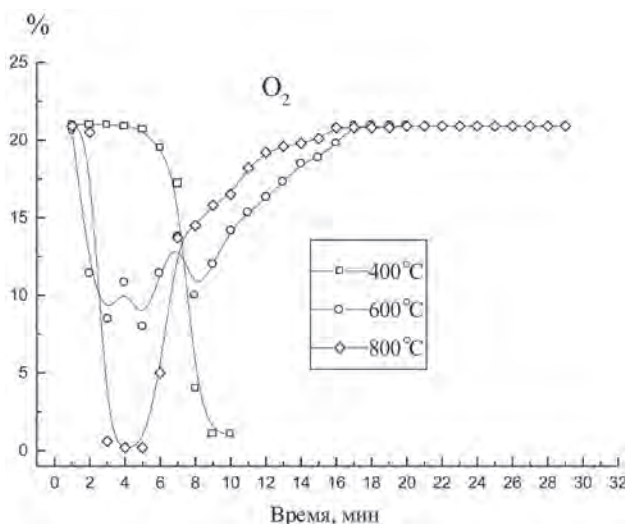


Рис. 6. Изменение содержания кислорода в отходящих газах в ходе протекания процесса пиролиза для различных температур

ления соответственно 0–11, 0–5, 0–3 мин, то в изменении содержания оксида углерода для каждой температуры отчетливо заметны как минимум по два временных интервала. При температуре 600 °C – 0–12 и 12–20 мин (относительное содержание 38,2 и 5,7 мас.%), а для температуры 800 °C – 0–10 и 10–18 мин (относительное содержание 26,3 и 1,5 мас.%).

С учетом данных рис. 5 и табл. 2 изменение содержания оксида углерода можно интерпретировать следующим образом.

Очевидно, что наличие при 600 °C двух временных интервалов выделения CO обусловлено неполным окислением октана (C₈) и его изомеров, а также толуола и ксилолов. Наличие при 800 °C двух временных интервалов выделения CO связано с неполным окислением толуола и ксилолов.

Принимая во внимание данные, приведенные на рис. 6 и табл. 1, можно сделать вывод о том, что активное взаимодействие обработанных масел с кислородом воздуха в температурном интервале 400–800 °C протекает в течение временного интервала 0–18 мин.

Окислительные процессы сильно замедлены, что выражается в большом остаточном содержании предельных углеводородов и производных бензола, а также наличии сажи на поверхностях тиглей (до 15,3 мас.% от массы навески образца (масла)).

Исходя из данных, приведенных выше, были проведены научно-исследовательские работы по разработке метода топливоподготовки обработанных масел в качестве альтернативного топлива.

В основу создания устройства топливоподготовки был положен метод кавитационного смешивания обработанных масел и воды, применяемый при производстве гидратированного мазута.

В результате проведенных исследований было выявлено, что агрегатная устойчивость водомасляной эмульсии на основе обработанных масел не превышает 2,0–2,5 ч, поэтому приготовление водно-топливных эмульсий на основе обработанных масел возможно только непосредственно перед сжиганием.

В ходе проведенных натурных испытаний было установлено, что при использовании кавитационных станций топливоподготовки решается задача утилизации обработанных масел, при этом обеспечивается соответствие нормативным показателям по содержанию загрязняющих веществ в отходящих газах, поступающих в атмосферный воздух, и экономия топлива не менее 10–25 % по отношению к обычному печному топливу.

Т а б л и ц а 1. Изменение относительного содержания CO, CO₂, NO_x, O₂ в отходящих газах в процессе пиролиза в температурном интервале 400–800 °С

Вещество	Температура, °С	Временной интервал, мин	Относительное содержание, мас.%
NO _x	400	0–10	43,6
	600	0–3	19,8
		3–11	9,7
800	0–6	26,9	
CO	400	0–9	28,3
	600	0–12	38,2
		12–20	5,7
	800	0–10	26,3
10–18		1,5	
CO ₂	400	0–11	37,6
	600	0–5	23,5
	800	0–3	38,9
O ₂	400	0–3	21,03
		3–10	20,0–0,6
	600	0–4	11,3
		4–17	11,0–20,9
	800	0–4	0,3
		4–17	0,4–21,0

Т а б л и ц а 2. Изменение количественного и качественного состава производных бензола в реакционной зоне в температурном интервале 400–800 °С

Вещество	Содержание, мг/м ³ , при температурах, °С		
	400	600	800
Бензол	22,3	12,7	–
Толуол	81,9	75,8	52,2
Этилбензол	18,1	9,4	5,44
Ксилолы	89,7	53,5	48,36
Суммарное содержание производных бензола	212	151	106

Ниже приведен перечень организаций, где в настоящее время практически реализована идея использования отработанных масел в качестве альтернативного топлива.

Республиканский испытательный полигон автотракторной техники (воздушное отопление, тепловая мощность 1,2 МВт).

Автотранспортное предприятие Минтранса (воздушное отопление, тепловая мощность 525 кВт).

ЗАО «МАЗ-МАН» (окрасочно-сушильная камера, тепловая мощность 1,0 МВт).

РУП «Минский авиаремонтный завод» (мобильный отопительно-вентиляционный комплекс БТВ-1000 «Экватор», используемый для воздушного отопления авиационных ангаров с высотой потолков до 20 м, а также для сушки изделий в окрасочной камере, тепловая мощность 1,05 МВт).

РУП «Белорусская железная дорога» (более 10 объектов).

УП Минотор-сервис (ремонт военной техники) (мобильный отопительно-вентиляционный комплекс БТВ-500 «Экватор», используемый для воздушного отопления цехов, тепловая мощность 500 кВт).

ООО БСВТ «Новые технологии» (разработка и производство оборудования для Минобороны) (воздушное отопление, тепловая мощность 70 кВт).

СТО «Альтернатива» (воздушное отопление, тепловая мощность 70 кВт).

ОАО «МТЗ» (воздушное отопление свиного комплекса, тепловая мощность 250 кВт).

В настоящее время для объекта строительства «Теплоэнергетический комплекс ППС Барбаров Мозырского района» монтируется блок топливоподготовки контейнерного типа с паровой котельной для производства и сжигания смесового топлива на основе нефтесодержащих отходов объемом 8000 т в год для промывки и пропарки железнодорожных цистерн.

За пределами Республики Беларусь установки, сжигающие нефтесодержащие отходы, эксплуатируются на Волгоградском заводе буровой техники, Роснефть, Татнефть, Башнефть, ФГУП ОМО им. П. И. Баранова, ФГУП НПЦ газотурбостроения «Салют».

Законодательство Республики Беларусь допускает использование углеводородсодержащих отходов как в виде добавки к основному топливу (печному, дизельному, мазуту), так и в качестве основного топлива. Использование углеводородсодержащих отходов разрешено только при наличии на них технических условий, в которых должны быть отражены следующие показатели: химический состав используемого материала, количественные и качественные характеристики выбросов в атмосферу, образующихся при его сжигании, показатели пожаро- и взрывоопасности, класс опасности. При установлении класса опасности углеводородсодержащего отхода субъект хозяйствования, эксплуатирующий объект, где данный отход используется в качестве топлива, должен получить лицензию на работу с отходами 1–3-го класса опасности. В этом случае углеводородсодержащие отходы переходят в разряд товара (топлива).

Литература

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. Утверждены постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 27 декабря 2005 г. № 57.
2. Технический кодекс «Использование углеродсодержащих отходов в качестве топлива» ТКП 17.11–01–2009 (02120).
3. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь. Утвержден постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 8 ноября 2007 г. № 85.
4. МВИ. МН 1003–2007. Методика выполнения измерений концентраций и выбросов загрязняющих веществ, скорости газов, температуры, влажности, давления электронными переносными приборами.
5. МВИ. МН 1820–2002. Методика определений концентраций паров органических растворителей в газовых выбросах промышленных предприятий.
6. Технология катализаторов / Под ред. И. П. Мухленова. Л.: Химия. 1979. 328 с.

References

1. Rules of arrangement and safe operation of steam and hot water boilers. Approved by the decree of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, December 27, 2005, no. 57.
2. Technical Code «The use of carbon-containing waste as a fuel» TCP 17.11–01–2009 (02120).
3. Classifier of waste generated in the Republic of Belarus. Approved by the decree of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus, November 8, 2007, no. 85.
4. MVI. MN 1003–2007. The method of measuring concentrations and emission of pollutants, gas velocity, temperature, humidity, pressure by electronic portable devices.
5. MVI. MN 1820–2002. The method of determining concentrations of vapors of organic solvents in the gas emissions of industrial enterprises.
6. Catalysts Technology (under the editorship of I. P. Muhlenova). Leningrad, Chemistry Publ., 1979. 328 p.

Сведения об авторах

Панасюгин Александр Семенович, заведующий научно-исследовательской испытательной лабораторией очистки газовых выбросов «НИИЛОГАЗ» Белорусского национального технического университета, кандидат химических наук. E-mail: niilogaz@tut.by.

Машерова Наталья Павловна, доцент кафедры радиационной, химической, биологической защиты и экологии учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь», кандидат химических наук.

Михалап Дмитрий Петрович, научный сотрудник научно-исследовательской испытательной лаборатории очистки газовых выбросов «НИИЛОГАЗ» Белорусского национального технического университета.

Задруцкий Сергей Петрович, доцент кафедры металлургии литейных сплавов Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук.

Information about the authors

Panasyugin Alexandr, head of the research test laboratory for purification of gas emissions «NIIOLOGAS» of the Belarusian National Technical University, candidate of chemical sciences. E-mail: niilogaz@tut.by.

Masherova Natalya, assistant professor, department of radiation, chemical, biological protection and ecology of the educational establishment «Military Academy of the Republic of Belarus», candidate of chemical sciences.

Mikhalap Dmitry, research worker of the research test laboratory for purification of gas emissions «NIIOLOGAS» of the Belarusian National Technical University.

Zadrutsky Sergey, assistant professor, department of metallurgy alloys of the Belarusian National Technical University, candidate of technical sciences.