

ГЕЛЕОБРАЗНЫЕ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ КРИОГЕЛЕЙ

О.С. Яшутина, А.Г. Нигай

Научный руководитель: к.ф-м.н. Д.О. Глушков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: yashutina1993@mail.ru

GEL FUEL BASED ON OIL-FILLED CRYOGELS

O.S. Yashutina, A.G. Nigay

Scientific Supervisor: PhD D.O. Glushkov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Av., 30, 634050

E-mail: yashutina1993@mail.ru

***Abstract.** In the present study, the method was developed for the preparation of oil-filled cryogels based on an aqueous solution of polyvinyl alcohol. The manufacture and application of gel fuels in the pellets or briquettes form is a promising direction to solve the problems of fire hazard reduction and waste oils disposal and other combustible liquid petroleum origin waste. In the research process the stress-strain properties, ignition process pattern of gel fuels based on oil-filled cryogel were established.*

Введение. В настоящее время во всем мире охране окружающей среды уделяется пристальное внимание. Среди большого разнообразия источников загрязнения наиболее опасное влияние на экологическую обстановку оказывают промышленные отходы, особенно жидкие, нефтяного происхождения [1]. Помимо негативного влияния на экосистему такие отходы характеризуются высокой пожарной опасностью. Последствиями загрязнения являются токсичное действие на живые организмы, деградация растительных покровов, попадание токсичных элементов нефтепродуктов в водоемы, в том числе в пласты подземных вод питьевого назначения. Загрязнения такого рода носят долговременный характер, а рекультивация и устранение последствий являются дорогостоящими [2]. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы является приготовление гелеобразных топлив на основе горючих жидкостей [3, 4]. Такие топлива имеют преимущества по сравнению с исходными горючими жидкостями в аспектах экологической безопасности и охраны окружающей среды: низкая чувствительность к ударам, трению и электростатическим разрядам; низкая вероятность случайного воспламенения, так как процесс зажигания является контролируемым и может быть предотвращен; возможность длительного хранения; в случае утечки или разлива выделяется малый объем горючих паров; гибкая упаковка; простота транспортировки; низкий уровень зольности. Целью данной работы является разработка методики приготовления маслonaполненных криогелей, исследование физико-механических характеристик топливных пеллет разного компонентного состава на основе маслonaполненных криогелей, изучение характеристик зажигания и закономерностей физико-химических процессов, протекающих в течение индукционного периода.

Приготовление маслonaполненных криогелей. Для приготовления образцов топлива использовали распространенные, достаточно типичные компоненты: 1) дисперсионная среда – водные

растворы ПВС Kuraray Poval® 15-99, вязкость 4% (DIN 53015) – 13,4 мПа·с, степень гидролиза – 99,2%, остаточное содержание ацетила – 0,8% (Kuraray Co., Ltd, Япония); 2) дисперсная фаза – масло индустриальное И-40А (ГОСТ 20799-88, Россия); 3) эмульгатор – Tween® 80, полиоксиэтилен (20) сорбитан моноолеат (Вектон, Россия).

Процесс приготовления маслonaполненных криогелей состоял из трех основных этапов. На первом этапе порошок ПВС растворяли в воде с помощью лопастной мешалки с частотой вращения вала 500 об./мин. В результате было получено два образца водного раствора ПВС с массовыми концентрациями последнего 5% и 10% (р-р ПВС-1, р-р ПВС-2). На втором этапе готовили масляную эмульсию. Для повышения стабильности эмульсий, обеспечивающей однородность структуры криогеля, применяли эмульгатор (ПАВ). На третьем этапе для изготовления образцов топливных пеллет полученные эмульсии с разными концентрациями компонентов заливали в цилиндрические формы (диаметр 20 мм, высота 20 мм) и замораживали, размораживали при температурах минус 20 °С, 20°С соответственно в течение 12 часов не менее 15 раз. Составы приготовленных топливных композиций: № 1: 100% р-р ПВС-1; № 2: 78% р-р ПВС-1 + 20% масло + 2% ПАВ; № 3: 58% р-р ПВС-1 + 40% масло + 2% ПАВ; № 4: 48% р-р ПВС-1 + 50% масло + 2% ПАВ; № 5: 38% р-р ПВС-1 + 60% масло + 2% ПАВ; № 6: 18% р-р ПВС-1 + 80% масло + 2% ПАВ; № 7: 100% р-р ПВС-2; № 8: 78% р-р ПВС-2 + 20% масло + 2% ПАВ; № 9: 58% р-р ПВС-2 + 40% масло + 2% ПАВ; № 10: 48% р-р ПВС-2 + 50% масло + 2% ПАВ; № 11: 38% р-р ПВС-2 + 60% масло + 2% ПАВ; № 12: 18% р-р ПВС-2 + 80% масло + 2% ПАВ; № 13: 100% масло.

Характеристики топливных эмульсий и пеллет. В ходе анализа выявлено, что основной причиной нестабильности приготовленных эмульсий является процесс отстаивания, при котором вследствие разницы плотностей жидкостей капли масла всплывают и отделяются от водной фазы. Установлено, чем ниже содержание масла в эмульсии, тем интенсивнее происходит отстаивание. Таким образом, с точки зрения технологии приготовления пеллет гелеобразных топлив на основе маслonaполненных криогелей наиболее предпочтительным является использование эмульсий с содержанием дисперсной фазы не менее 50% или с более высокими концентрациями полимера в дисперсионной среде. В настоящей работе для описания реологического поведения масляных эмульсий использована модель Гершеля-Балкли. Установлено, что водные растворы ПВС ведут себя как типичные ньютоновские жидкости.

Для пеллет гелеобразного топлива выполнены исследования физико-механических характеристик. Чем меньше содержание масла в топливе и выше концентрация ПВС в водном растворе, тем выше упругость пеллет при прочих идентичных условиях. Отличие модулей упругости пеллет на основе 5%-ного и 10%-ного растворов ПВС с разной концентрацией масла составляет 27–71%. Установлено, что введение масла в полимерную матрицу криогеля ведет к уменьшению предела прочности топливного пеллета. Отличие пределов прочности пеллет на основе 5%-ного и 10%-ного растворов ПВС с разной концентрацией масла составляет 85–80% (от 16 до 2,5 кПа – 5% ПВС; от 60 до 11 кПа – 10% ПВС).

Характеристики зажигания и горения гелеобразного топлива. Основные характеристики исследуемого процесса (времена задержки зажигания и предельные температуры окружающей среды, необходимые для зажигания гелеобразного топлива) приведены на рис. 1. Установлено, что для маслonaполненных криогелей на основе водного раствора поливинилового спирта минимальная температура окружающей среды, необходимая для зажигания образцов массой 10 мг, составляет около 550 °С (рис. 1).

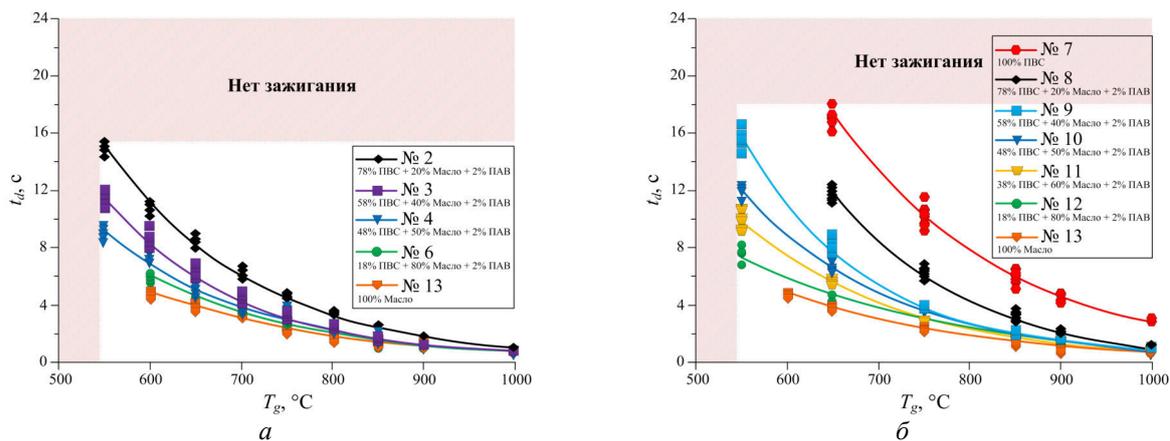


Рис. 1. Времена задержки зажигания капель масла в исходном состоянии и группы образцов гелеобразного топлива: а – криогели на основе 5%-ного раствора ПВС; б – криогели на основе 10%-ного раствора ПВС

Меньшие значения t_d характерны для капель масла в исходном состоянии (рис. 1). Зажигание аналогичных по массе образцов гелеобразного топлива происходит при более длительной задержке по времени. Времена задержки зажигания в зависимости от условий нагрева (температура воздуха 550–1000 °С) и от компонентного состава гелеобразного топлива изменяются в диапазоне 0,5–16 с.

Заключение. В результате выполненного исследования характеристик топливных пеллет, закономерностей и характеристик процесса зажигания показано, что приготовление гелеобразных топлив на основе маслонаполненных криогелей является перспективным направлением утилизации жидких горючих отходов нефтяного происхождения.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда [грант № 18-13-00031].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Liu Z., Adams M., Walker T.R. Are exports of recyclables from developed to developing countries waste pollution transfer or part of the global circular economy? // Resources Conservation and Recycling. – 2018. – Vol. 136. – P. 22–23.
2. Косулина Т.П., Антониади Д.Г., Литвинова Т.А., Цокур О.С. Перспективные направления ликвидации загрязнения окружающей среды нефтесодержащими отходами на объектах нефтедобычи // Нефтяное хозяйство. – 2017. – Т. 11. – С. 149–152.
3. Манжай В.Н., Фуфаева М.С., Бондалетов В.Г., Дебердеев Р.Я. Маслонаполненные криогели на основе растворов поливинилового спирта // Вестник казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17., № 15. – С. 130–134.
4. Манжай В.Н., Фуфаева М.С., Егорова Л.А. Топливные брикеты на основе мелкодисперсных частиц кокса и криогелей поливинилового спирта // Химия твердого топлива. – 2013. – Т. 1. – С. 44–47.