

УДК 665.753.4

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ОТ ВОДЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Яблокова М.А.¹, Пономаренко Е.А.¹

Федеральное государственное бюджетное ОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) Минобрнауки России», Санкт-Петербург, Россия (190013, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 26), e-mail: kip@technolog.edu.ru

Проведен обзор современных промышленных и опытно-промышленных технологий очистки дизельного топлива от эмульгированной и растворенной воды, а также от твердых нерастворимых загрязнений. Рассмотрены как традиционные способы дестабилизации эмульсий: гравитационные, центробежные, электрические, химические, коалесцентные методы, так и современные комплексные технологии, включающие фильтрацию дизельного топлива через пористые полимерные материалы с новыми свойствами. На основании сравнительного анализа различных способов очистки дизельного топлива наиболее эффективными признаны технологии отечественной фирмы «ДИТО» (г. Москва) и канадской фирмы «FILTERVAK». Технология «ДИТО» предполагает подогрев обводненного топлива, его сепарацию и гомогенизацию под действием центробежных сил в вихревом аппарате и последующую фильтрацию и стабилизацию. Метод «FILTERVAK» представляет собой многоступенчатую систему очистки с использованием предварительных стрейнер-фильтров, входных фильтров картриджного или корзинчатого типа, коалесцирующих сепараторов, фильтров тонкой очистки и при необходимости - регенерирующих фильтров.

Ключевые слова: дизельное топливо, очистка, удаление воды, комплексные технологии, фильтрация.

PERSPECTIVE METHODS OF DIESEL FUEL REFINEMENT FROM WATER AND MECHANICAL IMPURITIES

Yablokova M.A.¹, Ponomarenko E.A.¹

¹Saint-Petersburg State Institute of Technology (Technical University), Saint-Petersburg, Russia (190013, Saint-Petersburg, Moskovsky prospekt, 26), e-mail: kip@technolog.edu.ru

The review of the modern industrial and experimental-industrial technologies of diesel fuel refinement from emulsified and dissolved water, as well as from solid insoluble particles is performed. The traditional methods of destabilization of the emulsions: gravity, centrifugal, electrical, chemical, coalescent methods are considered as well as modern complex technologies, including filtering of diesel fuel through porous polymer materials with new properties. On the basis of comparative analysis of various methods of diesel fuel refinement technologies of the domestic firm «DITO» (Moscow) and the canadian firm «FILTERVAK» were recognized as the most effective. The «DITO» technology involves the heating of fuel, its separation and homogenization under the action of centrifugal forces in the vortex apparatus and the subsequent filtration and stabilization. The method of «FILTERVAK» is a multi-stage purification system with the use of preliminary strainer-filter, input filter of cartridge or basket type, coalescent separators, filters of fine purification and regenerating filters if it is necessary.

Key words: diesel fuel, refinement, water removal, complex technologies, filtering.

Введение

В процессе получения дизельного топлива высокого качества всегда возникает проблема очистки его от воды и механических примесей. Загрязнение дизельного топлива начинается на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) и продолжается по всей цепочке перевалки вплоть до расходных емкостей техники, в которой оно применяется. Влага в дизельном топливе находится в растворенном и эмульгированном состоянии. Отрицательное влияние на эксплуатационные свойства продукта оказывает главным образом эмульгированная вода [6; 14; 15].

Современные нефтеперерабатывающие компании, находясь в условиях жесткой конкуренции на рынке производимой ими продукции, вынуждены уделять все больше внимания вопросам очистки дизельного топлива непосредственно на предприятиях.

Цель исследования

В задачи исследования входили аналитический обзор и сравнительный анализ существующих и перспективных методов и технологий очистки дизельного топлива, оценка их эффективности и возможности использования на крупных НПЗ.

Аналитический обзор способов очистки дизельного топлива

На нефтеперерабатывающих заводах для очистки топлива, как правило, применяются процессы и аппараты, работа которых основана на традиционных способах дестабилизации эмульсий: гравитационных, центробежных, электрических, химических методах, фильтровании через коалесцирующие перегородки. Гораздо реже и только при малых расходах топлива используют специфические физические методы его дестабилизации с последующим удалением воды (ультразвук, магнитное поле).

Системы отстаивания могут использоваться лишь в качестве предварительной ступени очистки. Использование центробежных сепараторов для очистки от воды и механических примесей ограничено высокой стоимостью и энергоемкостью данного типа оборудования, а также сложностью и трудоемкостью их сборки, наладки и обслуживания.

Широко применяется очистка от механических примесей с помощью обычных волокнистых фильтров, однако воду такие фильтры удаляют далеко не полностью.

Распространившиеся в последнее время коалесцентные фильтры, хорошо отделяющие воду (например, фильтрующие элементы фирмы Pall [13]), работают недостаточно эффективно при наличии в исходном дизельном топливе большого количества механических примесей. Указанные фильтры быстро засоряются и очень трудно регенерируются.

Для удаления небольших количеств воды из маловязких нефтепродуктов в Мосэнерго [9] используют распылительную сушку под вакуумом.

Способ осушки топлива распылением его в вакууме при невысокой температуре заключается в том, что обводненное топливо распыляется форсункой в бак, в котором создается разрежение. При этом из топлива удаляются свободная и растворенная влага, а также растворенный воздух. При тонком диспергировании топлива оно быстро отдает свою влагу. Обезвоженное топливо в виде капель выпадает на дно вакуумного бака. Эффективность и скорость сушки повышаются при нагреве продукта. Потери продукта от испарения при этом незначительны. Установки для вакуумной осушки топлива более производительны и надежны в работе, чем сепараторы. Кроме того, расход электроэнергии для этих установок в 3-4 раза меньше. Недостаток данного способа очистки дизельного топлива заключается в

том, что он не позволяет удалять механические загрязнения из топлива (происходит только его осушка), а также в малой производительности установок (до 0,5 т/час).

Заслуживает определенного внимания метод осушки нефтепродуктов негашеной известью (CaO) [9]. Для сушки берется свежая, высококачественная негашеная известь, которая легко гасится водой, превращаясь в пушонку. Влажное топливо пропускают через адсорбер с негашеной известью со скоростью 0,5 м/ч при температуре 18-20 °С. Расход негашеной извести составляет 0,2% от объема осушаемых нефтепродуктов. Образующиеся хлопья Ca(OH)₂ отделяются от топлива или масла вместе с другими его механическими загрязнениями отстаиванием или фильтрованием.

При применении описанного метода сушки необходимо в лабораторных условиях проверить его для каждого конкретного вида топлива и CaO (оценить их совместимость, а также возможность получения стабильного продукта). Контроль осуществляется путем определения зольности. В золе нефтепродуктов после обработки негашёной известью должны отсутствовать соли кальция. Один из недостатков метода – его малая изученность применительно к осушке именно дизельного топлива.

Существует способ осушки топлива с использованием синтетических цеолитов (молекулярных сит) [1; 9]. Поглощенная цеолитами вода ведет себя как адсорбированная. При нагревании цеолитов она удаляется постепенно, причем даже в случае полного обезвоживания основная структура их не разрушается.

Для сушки топлив применяют цеолиты типа NaA и CaA, изготавливаемые по МРТУ-6-61-906-66. Они являются активными влагопоглотителями и характеризуются высокой избирательностью.

За последние годы в специальной литературе приводится много работ по сушке молекулярными ситами типа NaA различных нефтяных фракций и индивидуальных углеводородов: трансформаторных масел, олефинов, спиртов и др. По сравнению с существующими способами сушки масло-, нефтепродуктов, основанными на нагревании их до температуры испарения воды, сушка с применением молекулярных сит имеет значительные преимущества. Способ осушки топлив цеолитами примерно в три раза дешевле, чем отделение воды от топлива в центробежных сепараторах. По имеющимся литературным данным, цеолиты после 2000 циклов регенерации сохраняют динамическую активность до 70% от первоначальной.

Недостатки: быстрое снижение скорости фильтрования и малая длительность фильтроцикла при наличии в топливе загрязнений, сложность и дороговизна процесса термической регенерации цеолитов.

Проблема комплексной осушки и очистки нефтепродуктов, возможно, может быть решена с использованием в качестве фильтрующих материалов пористых полимерных композиций. Опыт использования подобных материалов в качестве фильтрующих элементов для топливных и масляных фильтров появился еще в конце 70-х годов в основном на судах речного флота [2; 14]. Многочисленные опыты и широкое внедрение на речном флоте пористых полимерных композиций показали их хорошую способность поглощать из топлива и надежно удерживать в себе воду и механические примеси. Была показана исключительно высокая эффективность данного материала в качестве фильтра тонкой очистки от механических примесей и поглотителя воды из нефтепродуктов [14].

В последние годы был создан пористый материал, позволяющий управлять на стадии его производства такими характеристиками, как водопоглощение, размер пор, общая пористость, прочность, упругость и т.д., и получать материал с равномерной пористой структурой и отливкой из него фильтрэlementов любой формы и размеров. Этот фильтрующий материал способен не только эффективно поглощать из нефтепродуктов воду и механические примеси, но и непрерывно самоочищаться в процессе работы от накопившейся воды. Материал получил название «АПРИСОРБ».

Кроме воды, фильтровальные элементы «АПРИС» из материала «АПРИСОРБ» эффективно удаляют механические примеси благодаря своей пористой структуре. При этом средний размер пор значительно превышает размер задерживаемых частиц. Эффективная очистка обеспечивается объемом фильтрующего материала и большой извилистостью поровых каналов. В зависимости от типа фильтрующего элемента перепад давления при номинальном расходе колеблется от 10,6 до 17,6 кПа, а полнота очистки топлива от 77 до 99,8%.

Высокая грязеемкость фильтров «АПРИС» позволяет обрабатывать большой объем нефтепродуктов без регенерации фильтрэlementов; техническое обслуживание фильтровальных установок проводится достаточно редко. Фильтрация биозагрязненных нефтепродуктов и топлива через фильтры «АПРИС» обеспечивает их очистку от микроорганизмов на 99,97 – 99,99% [8].

На НПЗ ООО «Нижневартовское нефтеперерабатывающее объединение» (ННПО) эксплуатируются фильтрэlementы «АПРИС-800/6ТД1-II», установленные в корпуса штатных фильтров СТ-2500, работающих на линии выдачи дизельного топлива из ректификационных колон в резервуары. Производительность одного фильтра 16 м³/час, перепад давления 0,03МПа. Концентрация воды в очищаемом топливе колеблется от 360 до 3300 ppm на входе и от 90 до 1800 ppm на выходе. Степень очистки топлива составляет от 35 до 93% (в среднем 70%) в зависимости от концентрации в исходном дизельном топливе воды и веществ, способствующих удержанию свободной, растворенной и эмульгированной воды в

объеме нефтепродукта. Фильтрэлементы АПРИС отработали на ННПО непрерывно без регенерации и технического обслуживания более года, при гарантийной продолжительности фильтроцикла 6 месяцев. Поломок и отказов в работе фильтров не наблюдалось [14].

Отличительными особенностями систем фильтрации для очистки загрязненных нефтепродуктов серии «АПРИС», использующих «АПРИСОРБ» в качестве фильтрующего материала, являются простота конструкции, малый вес и габариты, многократная и исключительно простая регенерация, большая емкость фильтрэлементов по механическим примесям, простота обслуживания.

Вышеперечисленные свойства делают установки серии «АПРИС» с фильтрэлементами на основе материала «АПРИСОРБ» весьма привлекательными для очистки нефтепродуктов на различных стадиях их изготовления и применения - от промышленности до потребителя.

Поддержание высокого качества дизельного топлива должно состоять из комплекса мер, предусматривающих удаление всех или большинства загрязнителей.

Самарская технологическая компания [12] предлагает вариант создания централизованной системы по подготовке топлива высокого качества из фракций дизельного топлива, производимого на НПЗ области, по технологии и «ДИТО». Приобретена, опробована и подготовлена к эксплуатации установка по очистке дизельного топлива в промышленных масштабах. Полученные на этой установке образцы топлива по своим характеристикам и качеству сравнимы с европейским стандартом.

По оценке Самарской технологической компании [12], технология обработки топлива на производственном модуле (ПМ) «ДИТО» [9] по своей эффективности не имеет аналогов в российской и мировой практике. ПМ позволяет вести обработку обводненного, загрязненного и окисленного дизтоплива на АЗС предприятий, складах, нефтебазах и обеспечивает:

- практически полную очистку дизельного топлива от механических примесей и воды;
- существенное улучшение физико-химических свойств дизельных топлив (снижение зольности и коксуемости на 33-38%, уменьшение общего количества канцерогенных полиароматических углеводородов более чем в 2 раза);
- производство дизельного топлива с улучшенными экологическими характеристиками, снижающими дымность и вредные выбросы с продуктами сгорания в атмосферу более чем в 2 раза (в том числе весовое количество сажи в 1,5-2 раза).

О технической сущности технологии «ДИТО» можно судить по содержанию патентов, правообладателем которых является данная компания. Например, фирмой «ДИТО» запатентован [4] в 1996 году способ приготовления водо-топливной эмульсии (патент РФ 2054572, F 02 M 43/00, 27/00, 20.02.96), включающий подогрев обводненного топлива, его

сепарацию и гомогенизацию под действием центробежных сил в вихревом аппарате и последующую фильтрацию и стабилизацию путем ввода в полученное топливо подогретых депрессионных присадок.

Второй патент [5] получен фирмой «ДИТО» на способ обработки дизельного топлива, который заключается в том, что дизельное топливо подогревают, доводят объемное содержание воды в топливе до 3-5%, гомогенизируют. Затем посредством фильтрующей пористой перегородки из гидрофобного материала с тонкостью очистки 3-8 мкм осуществляют совместное проведение процессов обезвоживания и тонкой фильтрации.

В процессе обработки топлива по технологии фирмы «ДИТО» его структура гомогенизируется, становится мелкодисперсной и однородной, а затем стабилизируется, что предотвращает образование кластеров ароматических углеводородов при дальнейшем хранении. Из топлива также удаляются не только вода и механические примеси, но и большая часть (до 75%) смолистых веществ. Это способствует более полному сгоранию топлива в двигателе, снижению его расхода до 10%, увеличению срока службы фильтров, топливных насосов высокого давления, форсунок и двигателя в целом на 30-40%, а также существенному снижению как объемов выбросов отработавших газов, так и их дымности.

Недостаток технологии заключается в том, что она пока не предназначена для переработки больших количеств топлива на НПЗ. Производственная мощность модулей фирмы «ДИТО» составляет 2-3 т/час. Это технология для очистки топлива в основном в местах его хранения, потребления. Однако Самарской технологической компанией [12] сделана попытка использовать технологию «ДИТО» в промышленных масштабах.

Пока отечественные фирмы только пытаются применить высокую технологию в масштабах НПЗ, иностранные компании уже рекламируют и продают соответствующие установки промышленного масштаба.

Российское представительство канадской фирмы «FILTERVAK» («ФИЛТЕРВАК»), входящей в состав Oil & Gas System Group, предлагает [11] промышленные стационарные установки очистки топлива FVS. Установки FVS представляют собой многоступенчатую систему очистки с использованием предварительных стрейнер-фильтров, входных фильтров картриджного или корзинчатого типа, коалесцирующих сепараторов, фильтров тонкой очистки и при необходимости - регенерирующих фильтров. Стрейнер-фильтром в данном контексте называют сетчатый фильтр грубой очистки, фильтр-грязеуловитель.

Корпуса стрейнер-фильтров, фильтров и коалесцирующих сепараторов изготовлены из углеродистой стали, холодноустойчивой стали, нержавеющей стали или специальных сплавов. Части, контактирующие с жидкостью, могут быть покрыты полимерным защитным слоем, чтобы обеспечить предельную защиту против коррозии.

В фильтрах очистки и коалесцирующих сепараторах используются высокоэффективные фильтрующие элементы с эффективностью фильтрации до 99,9% при 5 мкм (ISO 16889).

Фильтрующие элементы для удаления частиц доступны в номинале: 0,5, 1, 3, 5, 10, 15, 25 и 40 мкм.

Элементы комбинации коагулятора/сепаратора позволяют уменьшить концентрацию воды в топливе от 0,5 до 0,0005% за один проход.

Коалесцирующие элементы доступны в номинале от 1 мкм, с эффективностью удаления воды 95% до 10 ppm.

Производительность установок - до 4000 м³/ч. Имеется возможность регулировки производительности. На наш взгляд, на сегодняшний день - это лучшее предложение из имеющихся.

Выводы

Из отечественных разработок в области глубокой очистки дизельного топлива наибольшего внимания, на наш взгляд, заслуживает технология, разработанная фирмой «ДИТО» [4; 5; 9]. Однако ее серьезный недостаток заключается в том, что она еще только начинает внедряться на больших промышленных потоках, характерных для НПЗ [11].

Из предложений зарубежных фирм самыми многообещающими представляются технологии очистки дизельного топлива и оборудование канадской фирмы «ФИЛТЕРВАК» [10], имеющей представительство в России (в Санкт-Петербурге) и поставляющей установки промышленной производительности (до 4000 кубических метров очищаемого топлива в час) под ключ.

Список литературы

1. Адсорбционные процессы на молекулярных ситах (синтетических цеолитах). Справочные материалы [Электронный ресурс] // Oil & Gas Equipment : сайт. – URL: <http://suhovey.com> (дата обращения: 29.04.13).
2. Браславский М.И., Иванов И.А. Перспективные средства очистки топлива. Речной транспорт: экспресс-информация. - М. : ЦБНТИ Минречфлота РСФСР, 1986. - Вып. 4.
3. Жарченков Ю.Н., Тайц В.В., Кривошеева Л.В., Хитрово И.А. и др. Дизельное топливо «ДИТО» - шаг в третье тысячелетие // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2000. - № 4. – С. 11-17.
4. Зега О.Н. [и др.] Способ обработки дизельного, преимущественно обводненного, топлива, установка для его осуществления и вихревой аппарат : Патент России 2054572. – 1996. – Бюл. № 5.

5. Зеге О.Н. [и др.] Способ обработки дизельного топлива : Патент России 2105184. - 1998. – Бюл. № 5.
6. Картошкин А.П. Очистка топливных материалов на фильтрах АПРИС // Горюче-смазочные материалы : интернет-журнал. - № 4. - URL:www.apris.ru (дата обращения: 03.05.13).
7. Леденский А.М., Воронович Н.А., Макаров В.Ю. III Международная научно-практическая конференция «Новые топлива с присадками» : сб. трудов. – СПб. : Академия прикладных исследований, 2004. - С. 389-397.
8. Официальный сайт компании «Мосэнерго». Энергетика. Оборудование. Документация. [Электронный ресурс]. - URL: <http://forca.ru/knigi/arhivy.html> (дата обращения: 02.05.13).
9. Официальный сайт НПФ «ДИТО». - URL: <http://www.dito.mpi.ru/> (дата обращения: 02.05.13).
10. Официальный сайт канадской фирмы «Filtervak». - URL: <http://www.filtervak.ru> (дата обращения: 29.04.13).
11. Официальный сайт Самарской технологической компании. - URL: <http://stk.sama.ru/> (дата обращения: 30.04.13).
12. Официальный сайт компании PALL. <http://www.pall.com> (дата обращения: 28.04.13).
13. Седов В.М. Фильтрация «АПРИС»: очистка нефтепродуктов // Новые химические технологии [Электронный ресурс]. - <http://www.newchemistry.ru/> (дата обращения: 28.04.13).
14. Шляховой В.В. Как очистить дизельное топливо от воды // Основные средства. Журнал о спецтехнике и автотранспорте. – 2008. - № 12 [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.os1.ru/article/service/> (дата обращения: 28.04.13).

Рецензенты:

Доманский И.В., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), г. Санкт-Петербург.

Флисюк О.М., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой процессов и аппаратов химической технологии Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), г. Санкт-Петербург.