

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Е. А. Улюкина¹, А. В. Орешенков², Ф. Е. Шарыкин²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

²ФАН «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** Современные потребности технологий, машин и оборудования сельскохозяйственного назначения обуславливают решение вопросов очистки применяемых дизельных топлив. Однако, конструкции используемых в настоящее время фильтров, содержащих сменные фильтрующие элементы, обладают малым ресурсом и не всегда обеспечивают требования эффективной очистки топлив. Для оценки эффективности применения гидродинамического фильтрования дизельного топлива проведены исследования, результаты которых позволяют на стадии разработки закладывать конструктивные параметры фильтрующих элементов для обеспечения оптимального функционирования устройства.*

***Ключевые слова:** дизельное топливо, агропромышленный комплекс, гидродинамический фильтр, ресурс работы, механические примеси, очистка, регрессионная модель.*

EFFICIENCY OF HYDRODYNAMIC FILTRATION FOR DIESEL FUEL PURIFICATION

E. A. Ulyukina^a, A. V. Oreshenkov^b, F. E. Sharykin^b

^aRussian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

^b25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

***Abstract.** Modern needs of technologies, machinery and equipment for agricultural purposes determine the solution of the issues of purification of used diesel fuels. However, the designs of currently used filters containing replaceable filter elements have a small resource and do not always meet the requirements of effective fuel purification. To evaluate the effectiveness of the use of hydrodynamic*

filtration of diesel fuel, studies have been conducted, the results of which make it possible to lay down the design parameters of the filter elements at the development stage to ensure optimal functioning of the device.

Keywords: *diesel fuel, agro-industrial complex, hydrodynamic filter, service life, mechanical impurities, purification, regression model.*

Содержание механических примесей в дизельных топливах, выпускаемых нефтеперерабатывающими заводами, регламентируется нормативными требованиями, согласно которым загрязнение продукта не должно превышать 24 мг/кг, однако на практике оно значительно выше. А техническое совершенствование топливной аппаратуры, обладающей высокой чувствительностью к чистоте топлива, применяемого в сельском хозяйстве, обуславливает повышенные требования к данному показателю [1].

Механические загрязнения в топливе негативно влияют на системы впрыска двигателей, нарушая работу движущихся частей насоса, а также работу электрических компонентов. Срок службы отдельных элементов топливной аппаратуры в зависимости от загрязненности топлива может значительно сокращаться, что обуславливает соответствующие требования к средствам очистки. В то же время, экспериментально установлено, что в случае применения средств очистки топлива до показателя 5 мкм, по сравнению с работой на неочищенном топливе, в 8,5 раз повышается срок службы плунжерных пар [2].

Современная сельскохозяйственная техника требует применения передовых технологий и устройств обеспечения чистоты дизельного топлива, ведь от этого показателя напрямую зависит эффективность и надежность работы двигателей. Универсальные устройства обеспечения чистоты дизельных топлив - фильтры, однако применяемые в них фильтроэлементы имеют ограниченный ресурс работы [3, 4].

Перспективным направлением является использование средств очистки с регенерацией фильтрующих перегородок, обеспечивающей одновременно с фильтрованием удаление с их поверхности частиц загрязнений. Работа таких устройств основана на принципе гидродинамического фильтрования, заключающегося в параллельном или под углом подводе жидкости к поверхности фильтроэлемента [5]. Но в этом случае допускается сброс

части очищаемого продукта для создания продольного потока вдоль фильтрующей перегородки.

Исследователями ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева и ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России» совместно разработана конструкция гидродинамического фильтра, использование которого способствует уменьшению количества поступающего на сброс продукта. Кроме того, в подобных устройствах, путем придания фильтрующей перегородке водоотделяющих свойств, возможно вместе с механическими загрязнениями удаление на одной ступени очистки и эмульсионной воды [6, 7]. В качестве материала перегородки могут применяться сетки с гидрофобным фторопластовым покрытием, нанесенным одним из оригинальных способов [8].

Для определения конструктивных параметров элементов, обладающих оптимальными фильтрующими свойствами при очистке топлив гидродинамическим фильтром, исследована возможность применения в качестве фильтрующей перегородки проволочных сеток с нанесенным гидрофобным покрытием [9] путем определения их гидравлических характеристик.

Исследование гидрофобных сетчатых перегородок с различным размером ячеек (от № 004 до № 008) проводили на модельном фильтроэлементе с использованием дизельного топлива ДТ-5 ЕВРО, класс 4, вид III по ГОСТ Р 52368-2005 в соответствии с требованиями типовой методики испытаний фильтров и фильтров-сепараторов наземных средств очистки горючего [10].

Полученные данные показывают, что все испытываемые образцы обладают приемлемыми гидравлическими характеристиками. С учетом данных результатов, а также требований современного оборудования дизельных двигателей к чистоте топлива, применяемого в агропромышленном комплексе, для дальнейших исследований в качестве разделительной перегородки в модельном элементе гидродинамического фильтра использовали пористую перегородку № 004, обладающую наименьшими размерами ячеек (пор).

Для оценки влияния различных факторов на фильтрующие свойства перегородки проведен полный факторный эксперимент, где в качестве факторов выбраны угол наклона, скорость потока топлива и концентрация механических примесей [11]. В качестве

функций отклика (целевой переменной) выбрана остаточная концентрация механических примесей (c'' , мг/кг) в дизельном топливе.

Формирование матрицы планирования эксперимента и обработку результатов исследования проводили в среде статистического пакета Statgraphics. В результате исследования процесса удаления механических примесей в топливе проверка адекватности моделей 2-го и 3-го порядка показала отсутствие статистической значимости влияния рассматриваемых факторов. По результатам проверки модели 1-го порядка при уровне значимости $p = 0,05$ влияние факторов оказалось статистически значимым, при этом все эффекты положительны. Установлено наибольшее влияние скорости потока топлива, меньшее влияние угла наклона перегородки и концентрации механических примесей на процесс удаления механических примесей при гидродинамическом фильтровании.

Результаты дисперсионного анализа также свидетельствуют о статистической значимости факторов (p - значение менее 0,05), включенных в регрессионную модель процесса очистки топлива, остаточная концентрация механических примесей (c' , мг/кг) в дизельном топливе:

$$(\hat{y}) = -6,2892 + 18,3929 \cdot X_1 + 0,0875 \cdot X_2 + 0,0006 \cdot X_3,$$

где X_1 - скорость потока топлива, м/с;

X_2 - угол наклона фильтрующей перегородки, $^{\circ}$;

X_3 - концентрация механических примесей, мг/кг.

С помощью регрессионной модели рассчитаны значения факторов, обеспечивающие наиболее эффективную очистку дизельного топлива от механических примесей: скорость потока топлива - 0,01 м/с, угол наклона фильтрующей перегородки - 80° .

Результаты проведенного исследования позволяют на стадии разработки определять технологические условия эксплуатации гидродинамических фильтров и закладывать конструктивные показатели фильтрующих элементов с обеспечением их оптимального функционирования, а также выбирать оптимальные значения скорости потока топлива и угла наклона фильтрующей перегородки, соответствующие нормативным показателям чистоты топлива на выходе из фильтра. Вместе с этим, результаты могут быть

использованы при проведении дальнейших исследований в области обеспечения чистоты дизельного топлива методом гидродинамического фильтрования при эксплуатации сельскохозяйственной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение : справочник / И. Г. Анисимов, К. М. Бадыштова, С. А. Бнатов и др.; Под ред. В. М. Школьников. Изд. 2-е перераб. и доп. - М. : Издательский центр «Техинформ», 1999. - 596 с.

2. Коновалов, В. В. Обеспечение чистоты дизельного топлива при заправке сельскохозяйственной и транспортной техники : дисс. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Коновалов Виктор Викторович. - Москва, 2013. - 130 с.

3. Kovalenko, V. P. Technical solutions for purifying fuels and oils at their life cycle stages / V. P. Kovalenko, S. A. Gaiko, F. E. Sharykin // Chemistry and technology of fuels and oils. - 2016. -Т. 51. - № 6.-Р. 623-626.

4. Перспективы развития средств очистки горюче-смазочных материалов / В. П. Коваленко, С. А. Талко, Ф. Е. Шарькин, А. И. Косых // Труды 25 ГосНИИ МО РФ. - 2014. - Выпуск № 56. - С. 472-480.

5. Финкельштейн, З. Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин / З. Л. Финкельштейн. - М. : Недра, 1986. - 233 с.

6. Патент № 2524215 С1 Российская Федерация, МПК C10G 31/09, B01D 36/04. Устройство для очистки дизельного топлива от загрязнений : № 2013117302/04 : заявл. 17.04.2013 : опубл. 27.07.2014 / В. П. Коваленко, С. А. Талко, Е. А. Улюкина [и др.] ; заявитель Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно-исследовательский институт Химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

7. Патент на полезную модель № 168131 U1 Российская Федерация, МНКВ01D 25/02, B01D 36/04. многоканальный гидродинамический фильтр : № 2016126526 : заявл. 04.07.2016 : опубл. 18.01.2017 / В. В. Прошкин, А. Н. Каптюх, Д. Д. Морошан [и др.].

8. Патент № 2706608 С1 Российская Федерация, МПК B01D 39/12. способ изготовления водоотталкивающей перегородки для фильтров-сепараторов : № 2019111500 : заявл. 17.04.2019 : опубл. 19.11.2019 / В. Е. Турчанинов, Ф. Е. Шарькин, А. И. Замятин ; заявитель Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

9. Effect of the Rate Filtration by Hydrophobic Grids on the Efficiency of Its Dehydration / A.V. Dedov, N. M. Likhterova, F. E. Sharykin, E. A. Ulyukina // Inorganic Materials: Applied Research. - 2021. -V. 12. - № 1.- Pp. 147-150.

10. Типовая методика испытаний фильтров и фильтров-сепараторов наземных средств очистки горючего. - М.: МО СССР, 1984. - 104 с.

11. Орешенков, А. В. Исследование эффективности применения гидрофобных проволочных сетчатых перегородок при гидродинамическом фильтровании топлива/ А. В. Орешенков, Ю. Н. Пирогов, В. Е. Константинов, Ф. Е. Шарькин // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2022. - № 1.- С. 16-20.

12. Пуляев, Н. Н. О перспективах применения газомоторного топлива в России / Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. - М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. - С. 95-101.

Об авторах:

Улюкина Елена Анатольевна, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук.

Орешенков Александр Владимирович, ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации» (121467, Российская Федерация, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10), доктор технических наук.

Шарькин Федор Евгеньевич, ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации» (121467, Российская Федерация, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10).

About the authors:

Elena A. Ulyukina, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering).

Alexander V. Oreshenkov, FAU «25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10), D.Sc. (Engineering)-

Fedor E. Sharykin, FAU «25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation» (121467, Russian Federation, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10).