

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 62-732:665.753.4

DOI: 10.26897/2687-1149-2023-2-34-40



Экспериментальное исследование эффективности гидродинамического фильтрования дизельного топлива

Елена Анатольевна Улюкина , д-р техн. наук, профессор¹

eulykina@rgau-msha.ru ; <https://orcid.org/0000-0002-3048-6836>

Александр Владимирович Орешенков, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник²

xtgf1@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0001-9145-4478>

Федор Евгеньевич Шарыкин, старший научный сотрудник²

fedor_rf@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6870-5486>

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

² 25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России; 121467, Российская Федерация, г. Москва, ул. Молодогвардейская, 10

Аннотация. Существующие конструкции типовых фильтров в системах топливopодготовки обладают малым ресурсом и не всегда соответствуют требованиям высокоэффективной очистки дизельного топлива. На основе новых технических решений разработана конструкция гидродинамического фильтра с гидрофобной сетчатой перегородкой. Фильтроэлемент с гидрофобной сетчатой перегородкой исследовался при температуре 20°C, с использованием дизельного топлива ДТ-5 ЕВРО, класс 4, вид III согласно ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004) в соответствии с требованиями типовой методики испытаний фильтров и фильтров-сепараторов наземных средств очистки горючего. Содержание механических примесей в дизельном топливе определялось согласно ГОСТ ЕН 12662-2016. Статистическая обработка результатов исследований выполнялась с помощью программного пакета Statgraphics. Установлено, что в гидродинамическом фильтре разделительная сетчатая перегородка № 004 имеет оптимальный размер ячеек (пор) и приемлемую гидравлическую характеристику. Проведен полный факторный эксперимент по оценке влияния на фильтрующие свойства перегородки, согласно которому наибольшее влияние на процесс удаления механических примесей при гидродинамическом фильтровании оказывает скорость потока топлива, меньшее – угол наклона перегородки и концентрация механических примесей. Представленная регрессионная модель гидродинамического фильтрования позволяет получать прогнозные оценки эффективности процесса очистки дизельного топлива. Проведенные исследования позволяют на стадии проектирования определять физические условия эксплуатации гидродинамического фильтра с гидрофобной сетчатой перегородкой, закладывать конструктивные показатели фильтрующих перегородок для обеспечения оптимального функционирования устройства.

Ключевые слова: очистки дизельного топлива, содержание механических примесей, фильтроэлемент с гидрофобной сетчатой перегородкой, регрессионная модель гидродинамического фильтрования

Благодарности. Работа выполнена в рамках ведомственного проекта «Техническая модернизация агропромышленного комплекса» проектной части Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717.

Формат цитирования: Улюкина Е.А., Орешенков А.В., Шарыкин Ф.Е. Экспериментальные исследования гидродинамического фильтрования дизельного топлива // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 2. С. 34-40. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-34-40>

© Улюкина Е.А., Орешенков А.В., Шарыкин Ф.Е., 2023

ORIGINAL ARTICLE

Experimental efficiency studies of the hydrodynamic filtration of diesel fuel**Elena A. Ulyukina** , DSc (Eng), Professor¹eulykina@rgau-msha.ru ; <https://orcid.org/0000-0002-3048-6836>**Aleksandr V. Oreshenkov**, DSc (Eng), lead research engineer²xtgfl@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0001-9145-4478>**Fedor E. Sharykin**, Senior Research Engineer²fedor_rf@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6870-5486>¹ Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation² FAA “25th State Research Institute of Chemmotology at Ministry of Defense of Russia”; 10, Molodogvardeyskaya St., Moscow, 121467, Russia Federation

Abstract. The existing designs of standard fuel treatment filters containing replaceable filter elements have a short service life and do not always fully meet the requirements of highly efficient fuel filtering. Based on new technical solutions, the authors designed a hydrodynamic filter with hydrophobic screen partition. The filter element with a hydrophobic screen partition was tested at 20°C with diesel fuel DT-5 EURO, class 4, type III according to GOST P 52368-2005 (EH 590:2004) under the standard test procedure of filters and filter-separators for ground fuel filtering facilities. The content of mechanical impurities in diesel fuel was determined according to GOST EH 12662-2016. To statistically process research results, the authors used Statgraphics software package. It has been established that in the hydrodynamic filter the separating screen partition No. 004 has optimal cell size and acceptable hydraulic characteristics. The authors conducted a full factorial experiment to estimate the partition's influence on the filtering properties. According to its results, the greatest influence on the removal of mechanical impurities at hydrodynamic filtration belongs to the speed of fuel flow, the smallest – the partition inclination angle and the concentration of mechanical impurities. The presented regression model of hydrodynamic filtering is useful for forecasting the efficiency of diesel fuel cleaning. The conducted research is helpful for determining physical operating conditions of the hydrodynamic filter with a hydrophobic screen partition at the designing stage and setting design parameters of filtering partitions to ensure the optimum functioning of the device.

Keywords: diesel fuel filtering, mechanical impurities content, filter element with hydrophobic screen partition, regression model of hydrodynamic filtering

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the departmental project “Technical modernization of the agro-industrial sector” of the project part of the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets, approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 717 dated July 14, 2012.

For citation: Ulyukina E.A., Oreshenkov A.V., Sharykin F.E. Experimental efficiency studies of the hydrodynamic filtration of diesel fuel. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2023;25(2):34-40 (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-34-40>

Введение. Площадь сельскохозяйственных территорий в России, составляющая порядка 222 млн га, обрабатывается сотнями тысяч единиц современной сельскохозяйственной техники с дизельными двигателями [1].

Содержание механических примесей (общее загрязнение) в товарном дизельном топливе, выпускаемом нефтеперерабатывающими предприятиями, регламентируемое нормативными требованиями, не должно превышать 24 мг/кг. ГОСТ P 52368-2005 (EH 590:2004) указывает нормы содержания в дизельном топливе механических примесей и воды в состоянии поставки потребителю, но фактическое содержание этих загрязнений значительно выше.

Механические загрязнения в топливе негативно влияют на систему впрыска двигателей, нарушая работу движущихся компонентов насоса (плунжеров, гильз, нагнетательного клапана) вследствие их повышенного износа и заклинивания, а также работу электрических

компонентов. Например, перегорание соленоидов топливных форсунок вследствие ограничения подвижности тарельчатых клапанов ввиду отложения загрязнений на их штоках приводит к снижению мощности двигателя и увеличению расхода топлива вследствие засорения форсунок и нарушения формы конуса распыления топлива.

В зависимости от загрязненности топлива срок службы отдельных элементов топливной аппаратуры может сокращаться в 5 раз, что обуславливает соответствующие требования к средствам очистки¹. Применение средств фильтрации, обеспечивающих тонкость очистки дизельного топлива 5 мкм, увеличивает срок службы плунжерных пар в 8,5 раза по сравнению с работой на неочищенном топливе [2].

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

Постоянное совершенствование техники с дизельными двигателями, особенно ее топливной аппаратуры, обладающей высокой чувствительностью к чистоте топлива, обуславливает повышенные требования к качеству дизельного топлива.

В основном в агропромышленном комплексе (АПК) преобладают двигатели с системой электронного управления впрыском и диаметром отверстий сопел форсунок 6...7 мкм [2].

Универсальным устройством для очистки дизельного топлива от твердых загрязнений являются фильтры, однако применяемые в них фильтроэлементы имеют ограниченный ресурс работы, связанный с закупориванием пор фильтрующего материала частицами загрязнений топлива и низкими физико-механическими характеристиками материалов фильтроэлементов [3, 4].

Перспективным является применение средств очистки, в которых с помощью гидродинамического фильтрования обеспечивается постоянное удаление частиц загрязнений с поверхности фильтрующих перегородок. При гидродинамическом фильтровании подвод жидкости осуществляется параллельно (или под углом) к поверхности фильтроэлементов^{2,3} [5-7]. Частицы загрязнений перемещаются в потоке жидкости вдоль поверхности фильтрующей перегородки и параллельно оси ее горизонтально расположенных пор. Вертикальное движение частицы происходит при суммарном воздействии силы, приложенной со стороны потока, и объемной силы, являющейся разностью гравитационной и архимедовой сил, а горизонтальное – под воздействием силы, обусловленной перепадом давления на перегородке [4]. В результате совместного действия указанных сил с ее поверхности удаляются частицы, размеры которых меньше диаметра пор и зависят от скорости вертикального потока жидкости [8].

Цель исследований: оценить эффективность гидродинамического фильтра для очистки дизельного топлива

от механических загрязнений при заправке сельскохозяйственной техники и разработать регрессионную модель гидродинамического фильтрования, позволяющую получать прогнозные оценки эффективности процесса очистки дизельного топлива.

Материал и методы. Экспериментальные исследования проведены с использованием испытательного стенда для исследования процессов разделения и очистки жидких углеводородных сред.

Исследование гидрофобных сетчатых перегородок (ГСП) проводили на модельном фильтроэлементе при температуре 20°C, с использованием дизельного топлива ДТ-5 ЕВРО, класс 4, вид III по ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004), представленного в качестве объекта исследования, в соответствии с требованиями типовой методики испытаний фильтров и фильтров-сепараторов наземных средств очистки горючего⁴. Содержание механических примесей в топливе определяли по ГОСТ ЕН 12662-2016. Статистическую обработку результатов выполняли с помощью программного пакета Statgraphics for Windows.

Результаты и их обсуждение. На основе новых технических решений разработана конструкция гидродинамического фильтра, использование которого позволяет уменьшить объем сбрасываемого продукта. В подобных конструкциях на одной ступени очистки возможно удаление механических загрязнений и эмульсионной воды с помощью сетчатых фильтрующих перегородок с гидрофобным фторопластовым покрытием [9-11].

Оптимальные конструктивные показатели элементов гидродинамического фильтра определялись после исследования возможности применения проволочных сеток с нанесенным гидрофобным покрытием в качестве фильтрующей перегородки согласно ГОСТ 6613-86 [8, 12]. Характеристики сетчатых перегородок представлены в таблице 1.

Характеристики сетчатых перегородок до нанесения покрытия и после него

Таблица 1

Table 1

Characteristics of partitions before and after coating

№ сетки Screen No.	Диаметр проволоки, мм Wire diameter, mm	Количество ячеек на 1 см ² , шт. Number of cells per 1 cm ² , pcs.	Размер ячейки до обработки, мкм Cell size before treatment, microns	Размер ячейки после обработки, мкм Cell size after treatment, microns
004	0,030	20450	40 × 40	20*
0056	0,040	10085	56 × 56	25*
0063	0,045	8270	63 × 63	36 × 36**
0071	0,055	6400	71 × 71	40 × 40**
008	0,055	5476	80 × 80	48 × 48**

*Изменение формы и размеров ячейки после нанесения гидрофобного покрытия.

**Сохранение формы ячейки после нанесения гидрофобного покрытия с уменьшением размеров.

² Финкельштейн З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин. М.: Недра, 1986. 233 с.

³ Улюкина Е.А. Обеспечение чистоты моторных топлив при эксплуатации сельскохозяйственной техники: Монография. М.: МЭСХ, 2018. 170 с.

⁴ Типовая методика испытаний фильтров и фильтров-сепараторов наземных средств очистки горючего. М.: МО СССР, 1984. 104 с.

Исследуемый фильтроэлемент с гидрофобной сетчатой перегородкой устанавливали таким образом, чтобы поток дизельного топлива подавался по нормали к его обтекающей, скорость потока определяли по формуле:

$$v = \frac{Q}{S}, \tag{1}$$

где Q – расход дизельного топлива через ГСП, м³/с; S – площадь живого сечения ГСП, м².

Гидравлические характеристики гидрофобных сетчатых перегородок, аппроксимированные методом наименьших квадратов, представлены на рисунке 1.

Зависимость перепада давления от скорости потока дизельного топлива в исследуемом диапазоне носит линейный характер и соответствует закону Дарси⁵. Лучшей гидравлической характеристикой обладает фильтроэлемент с гидрофобной сетчатой перегородкой № 008,

у остальных ГСП гидравлические характеристики также являются приемлемыми.

С учетом требований дизельных двигателей к чистоте топлива, применяемого в АПК, в дальнейших исследованиях в качестве разделительной перегородки в гидродинамическом фильтре применяли ГСП № 004, имеющую наименьший размер ячеек (пор) и приемлемую гидравлическую характеристику.

С целью определения объема и условий проведения экспериментов гидродинамической очистки дизельного топлива проведен полный факторный эксперимент по оценке влияния на фильтрующие свойства перегородки угла наклона перегородки, скорости потока топлива и содержания механических примесей⁶. Интервалы варьирования факторов гидрофобной сетчатой перегородки № 004 и уровни их значений представлены в таблице 2.

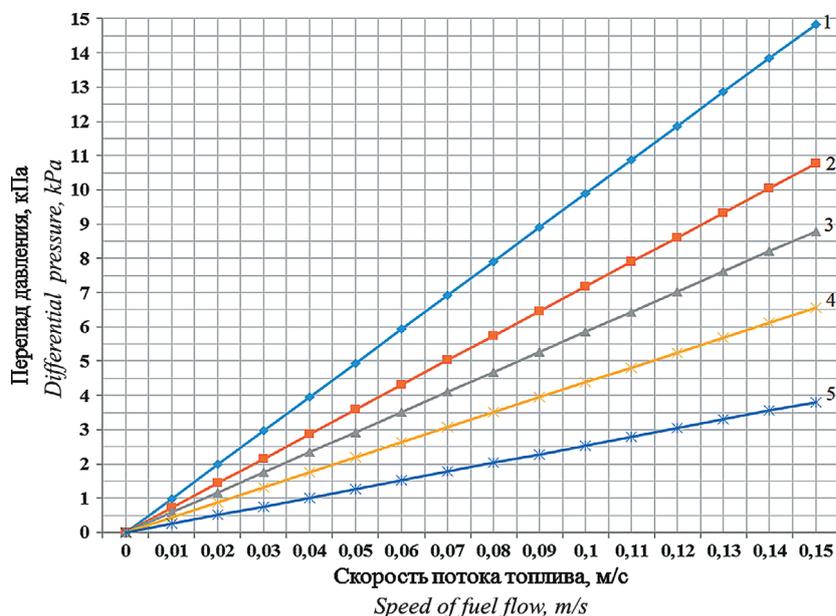


Рис. 1. Гидравлические характеристики гидрофобных сетчатых перегородок: 1 – № 004; 2 – № 0056; 3 – № 0063; 4 – № 0071; 5 – № 008

Fig. 1. Hydraulic characteristics of partitions: 1 – No. 004; 2 – No. 0056; 3 – No. 0063; 4 – No. 0071; 5 – No. 008

Уровни факторов и границы варьирования

Таблица 2

Factor levels and limits of variation

Table 2

Факторы Factors	Границы варьирования Limits of variation	Уровни факторов / Factor levels		
		-1	0	+1
X ₁ – скорость потока топлива, м/с X ₁ – the speed of fuel flow, m/s	0,01...0,15	0,01	0,08	0,15
X ₂ – угол наклона фильтрующей перегородки, ° X ₂ – the partition inclination angle, °	80...90	80	85	90
X ₃ – концентрация механических примесей, мг/кг X ₃ – the concentration of mechanical impurities, mg/kg	50...1000	50	525	1000

⁵ Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика: Учебник для вузов. М.: Недра, 1993. 416 с.

⁶ Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий: монография. М.: Наука, 1996. 297 с.

В качестве показателя эффективности процесса очистки дизельного топлива выбран показатель y , характеризующий массовое содержание механических примесей в топливе ($C_{очст}^m$, мг/л), который использовали в качестве целевой функции в матрице планирования эксперимента и при построении геометрического изображения функции в факторном пространстве (поверхности отклика). Для формирования матрицы планирования эксперимента в натуральном масштабе применили статистическую графическую систему Statgraphics for Windows (табл. 3).

В таблице 4 представлены результаты кодирования факторов X_1, X_2, X_3 .

В таблице 5 представлена матрица планирования для обработки результатов экспериментов.

Проверка адекватности моделей 2-го и 3-го порядка для описания процесса удаления механических примесей в топливе показала отсутствие статистической значимости влияния исследуемых факторов. Полученные при расчетах коэффициенты уравнения регрессии представлены в таблице 6.

Для модели 1-го порядка при уровне значимости $p = 0,05$ влияние исследуемых факторов оказалось

статистически значимым, при этом все эффекты являются положительными^{7,8}. Согласно стандартизованной карте Парето наибольшее влияние на процесс удаления механических примесей при гидродинамическом

Таблица 3
Матрица планирования эксперимента

Experiment planning matrix

№ эксперимента <i>Experiment No</i>	Факторы в натуральном масштабе <i>Factors on a natural scale</i>		
	X_1	X_2	X_3
1	0,01	80	50
2	0,15	80	50
3	0,01	90	50
4	0,15	90	50
5	0,01	80	1000
6	0,15	80	1000
7	0,01	90	1000
8	0,15	90	1000

Table 3

Таблица 4

Кодирование факторов при планировании эксперимента

Coding factors in the experiment planning

Факторы <i>Factors</i>	Верхний уровень <i>Upper level</i>	Нижний уровень <i>Lower level</i>	Центр X_i <i>Center X_i</i>	Интервал λ_i <i>Interval λ_i</i>	Переход от натуральных к кодированным значениям <i>Transition from natural to encoded values</i>
X_1	0,15	0,01	0,08	0,14	$x_1 = (X_1 - 0,08) / 0,14$
X_2	90	80	85	5	$x_2 = (X_2 - 85) / 5$
X_3	1000	50	525	475	$x_3 = (X_3 - 525) / 475$

Table 4

Таблица 5

Матрица планирования для обработки результатов эксперимента

Planning matrix for processing the experiment results

№ эксперимента <i>Experiment No</i>	Кодирование факторов <i>Coding factors</i>			Взаимодействие факторов <i>Interaction of factors</i>				Результаты опытов, $C_{очст}^m$, мг/кг <i>Results of the experiments</i>		
	x_1	x_2	x_3	$x_1 * x_2$	$x_1 * x_3$	$x_2 * x_3$	$x_1 * x_2 * x_3$	y_1	y_2	y_3
1	+	+	+	+	+	+	+	4,9	5,3	5,7
2	+	+	-	+	-	-	-	4,5	4,2	3,9
3	+	-	+	-	+	-	-	3,6	3,9	4,2
4	+	-	-	-	-	+	+	3,1	3,5	3,9
5	-	+	+	-	-	+	-	2,7	2,3	1,9
6	-	+	-	-	+	-	+	1,5	1,7	2,0
7	-	-	+	+	-	-	+	1,2	1,4	1,6
8	-	-	-	+	+	+	-	1,1	1,2	1,3

Table 5

⁷ Эренберг А. Анализ и интерпретация статистических данных / Пер. с англ. Б.И. Клименко; Под ред., предисл. А.А. Рывкина. М.: Финансы и статистика, 1981. 406 с.

⁸ Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей: учебник. М.: МГУ, 2011. 297 с.

фильтрации оказывает скорость потока топлива, меньшее – угол наклона перегородки и концентрация механических примесей (рис. 2).

Результаты дисперсионного анализа также подтверждают статистическую значимость факторов X_1 , X_2 , X_3 (табл. 7), p -значение менее 0,05. Регрессионная модель гидродинамического фильтрования из топлива механических примесей имеет вид:

$$C_{\text{ост}}^M = -6,2892 + 18,3929 \cdot X_1 + 0,0875 \cdot X_2 + 0,0006 \cdot X_3 \quad (2)$$

Согласно уравнению (2) построена поверхность отклика фильтрующих свойств перегородки (рис. 3),

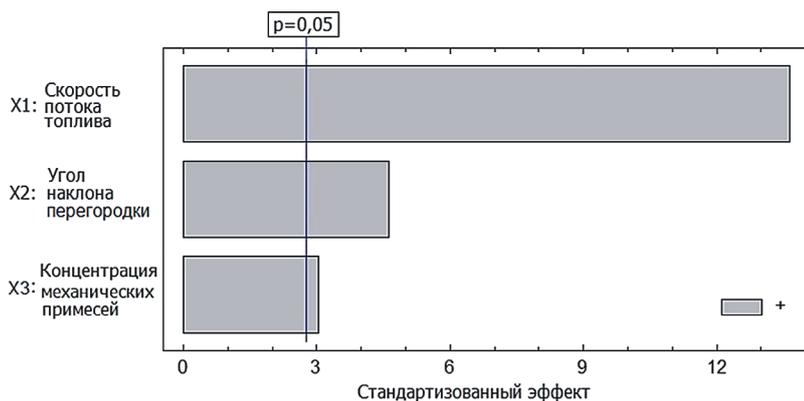


Рис. 2. Стандартизованный эффект для функции отклика

Fig. 2. Standardized effect for the response function

а также рассчитаны значения факторов, при которых достигается максимальная очистка топлива от механических примесей: скорость потока топлива – 0,01 м/с; угол наклона фильтрующей перегородки – 80°; содержание механических примесей – 50 мг/кг.

Таблица 6
Коэффициенты уравнения регрессии

b_0	b_1	b_2	b_3
-6,2892	18,3929	0,0875	0,0006

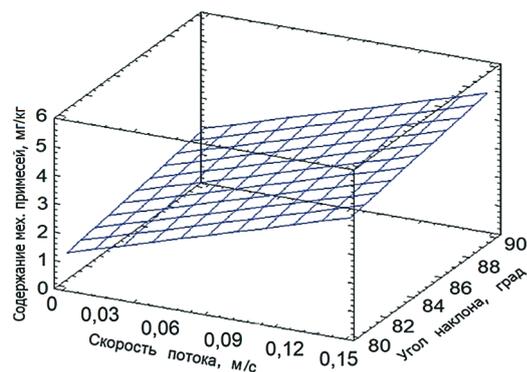


Рис. 3. Зависимость фильтрующих свойств гидрофобной сетчатой перегородки от влияния воздействующих факторов

Fig. 3. Relationship between the filtering properties of the partition and the influencing factors

Результаты дисперсионного анализа

Таблица 7

Results of the variance analysis

Table 7

Источник дисперсии / Source of variance	Средний квадрат / Mean square	F-отношение / F-ratio	P-значение / P-value
X_1	13,2613	186,12	0,0002
X_2	1,53125	21,49	0,0098
X_3	0,66125	9,28	0,0382
Общая ошибка / Total error	0,07125		
Стандартная ошибка оценки / Standard error of estimate: 0,2669			
Коэффициент детерминации / R-squared: 0,9819			

Выводы

1. В гидродинамическом фильтре разделительная сетчатая перегородка № 004 имеет оптимальный размер ячеек (пор) и приемлемую гидравлическую характеристику.
2. Определив технологические условия эксплуатации гидродинамических фильтров, на стадии проектирования можно закладывать конструктивные показатели гидрофобных сетчатых перегородок с обеспечением их оптимального функционирования.

3. Полученная регрессионная модель гидродинамического фильтрования позволяет выбрать оптимальные значения скорости потока топлива и угла наклона фильтрующей перегородки, соответствующих требуемой чистоте топлива на выходе из фильтра.

4. Обеспечение чистоты топлива с использованием гидродинамических фильтров возможно также при его обезвоживании, данное направление требует дополнительных исследований.

Список использованных источников

1. Колесняк А.А., Полянская Н.М. Обеспеченность России сельскохозяйственными угодьями и эффективность их использования // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2021. № 1 (19). С. 78-96. <https://doi.org/10.36718/2500-1825-2021-1-78-96>
2. Коновалов В.В. Обеспечение чистоты дизельного топлива при заправке сельскохозяйственной и транспортной техники: Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2013. 130 с.
3. Kovalenko V.P., Galko S.A., Sharykin F.E. Technical solutions for purifying fuels and oils at their life cycle stages. Chemistry and technology of fuels and oils. 2016;51(6):623-626. <https://doi.org/10.1007/s10553-016-0649-6>
4. Коваленко В.П., Галко С.А., Шарыкин Ф.Е., Косых А.И. Перспективы развития средств очистки горюче-смазочных материалов // Труды 25 ГосНИИ МО РФ. 2014. № 56. С. 472-480. EDN: AZEXTZ.
5. Коваленко В.П., Улюкина Е.А., Липаева М.А. Обеспечение чистоты топлив и масел при эксплуатации сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2015. № 3 (67). С. 44-50. EDN: UBXRRL.
6. Коваленко В.П., Улюкина Е.А., Галко С.А., Шарыкин Ф.Е. Современные средства очистки горюче-смазочных материалов фильтрованием // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4 (8). С. 50-56. EDN: WZVDGH.
7. Каскадный гидродинамический фильтр-водоотделитель: Патент на изобретение RU2545332 C1, МПК B01D29/56 / И.В. Ерохин, В.П. Коваленко, А.И. Косых, С.А. Нагорнов, С.В. Романцева, Е.А. Улюкина. Заяв. № 2014104093/05, опублик. 27.03.2015, Бюлл. № 9. 7 с. EDN: ZFFXYL.
8. Орешёнков А.В., Пирогов Ю.Н., Константинов В.Е., Шарыкин Ф.Е. Эффективность применения гидрофобных проволочных сетчатых перегородок при гидродинамическом фильтровании топлива // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2022. № 1. С. 21-25. EDN: HVFXUC.
9. Установка для очистки жидкостей и газов: Патент RU2630125 C1, МПК B01D29/58 / В.П. Коваленко, Ф.Е. Шарыкин, С.А. Галко, Д.У. Думболов, А.В. Тодорив. Заяв. 22.03.2016; опублик. 05.09.2017, Бюлл. № 25. EDN: GSVSGW.
10. Многоканальный гидродинамический фильтр: Патент RU168131 U1, МПК B01D36/00 / В.В. Прошкин, А.Н. Каптюх, Д.Д. Морощан, Ф.Е. Шарыкин. Заяв. 04.07.2016; опублик. 18.01.2017, Бюлл. № 2. EDN: UKTAAV.
11. Способ изготовления водоотталкивающей перегородки для фильтров-сепараторов: Патент RU2706608 C1, МПК B01D39/12 / В.Е. Турчанинов, Ф.Е. Шарыкин, А.И. Замятин. Заяв. 17.04.2019; опублик. 19.11.2019, Бюлл. № 32. EDN: JTDXDR.
12. Dedov A.V., Likhterova N.M., Sharykin F.E., Ulyukina E.A. Effect of the Rate Filtration by Hydrophobic Grids on the Efficiency of Its Dehydration. Inorganic Materials: Applied Research. 2021;12(1):147-150. <https://doi.org/10.3390/data4030103>

Вклад авторов

Е.А. Улюкина – постановка проблемы, разработка концепции статьи, научное руководство, анализ и доработка текста
 А.В. Орешенков – анализ литературы, сбор статистических данных
 Ф.Е. Шарыкин – табличное и графическое представление результатов, описание результатов и формирование выводов исследования
 Е.А. Улюкина, А.В. Орешенков, Ф.Е. Шарыкин имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 27.12.2022; поступила после рецензирования и доработки 12.03.2023; принята к публикации 13.03.2023

References

1. Kolesniak A.A., Polianskaya N.M. Availability of agricultural land in Russia and the effectiveness of its use. Socio-economic and humanitarian journal of Krasnoyarsk SAU, 2021;1:78-96. (In Rus.)
2. Konovalov V.V. Ensuring the cleanliness of diesel fuel when refueling agricultural and transport equipment: PhD (Eng): 05.20.03 / V.V. Konovalov. Moscow, 2013. 130 p. (In Rus.)
3. Kovalenko V.P., Galko S.A., Sharykin F.E. Technical solutions for purifying fuels and oils at their life cycle stages Chemistry and technology of fuels and oils. 2016;51(6):623-626. <https://doi.org/10.1007/s10553-016-0649-6>
4. Kovalenko V.P., Galko S.A., Sharykin F.E., Kosykh A.I. The development prospects of Pol purification equipment. Prospects for the development of fuel and lubricant treatment facilities. Scientific investigations of the 25-th State Research Institute of Chemmotology, Ministry of Defence of Russian Federation. 2014;56:472-480.
5. Kovalenko V.P. Uliukina E.A., Lipaeva M.A. Ensuring the cleanliness of fuels and oils in the operation of agricultural machinery. Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University. 2015;3:44-50. (In Rus.)
6. Kovalenko V.P. Uliukina E.A., Galko S.A., Sharykin F.E. Modern means of filtering fuel and lubricants. Vestnik of Nizny Novgorod State Agricultural Academy. 2015;4(8):50-56. (In Rus.)
7. Erokhin I.V., Kovalenko V.P., Kosykh A.I., Nagornov S.A., Romanchova S.V., Uliukina E.A. Multi-stage hydrodynamic water separating filter: Patent RF No. 2545332. MPK B 01 D36 /00 (2006.01), Bul. No. 9. 2015. (In Rus.)
8. Oreshenkov A.V., Pirogov Yu.N., Konstantinov V.E., Sharykin F.E. Efficiency of application hydrophobic wirenetwork partition in hydrodynamic filtering of fuel. Neftepererabotka i neftekhimiya = Oil Processing and Petrochemistry, 2022;1:21-25. (In Rus.)
9. Kovalenko V.P., Sharykin F.E., Galko S.A., Dumbolov D.U., Todoriv A.V. Installation for purifying liquids and gases: RF Patent No. 2630125 C2, MPK B01 D36/00. No. 2016110423, 2017. (In Rus.)
10. Proshkin V.V., Kaptukh A.N., Moroshan D.D., Kovalenko V.P., Moroz A.F., Mamedov R.G., Sharykin F.E. Multichannel hydrodynamic filter: RF Patent No. 168131 C2, MPK B01 D36/00. No. 2016126526, 2017. (In Rus.)
11. Turchaninov V.E., Sharykin F.E., Zamiatin A.I. Method of making water-repellent baffle for filter-separators: RF Patent No. 2706608 C2, MPK B 01D39/12, B01 D29/00. No. 2019111500, 2019. (In Rus.)
12. Dedov A.V., Likhterova N.M., Sharykin F.E., Ulyukina E.A. Effect of the Rate Filtration by Hydrophobic Grids on the Efficiency of Its Dehydration. Inorganic Materials: Applied Research. 2021;12(1):147-150. <https://doi.org/10.3390/data4030103>

Contribution of the authors

Е.А. Улюкина – problem statement, article concept development, scientific supervision, text analysis and revision
 A.V. Oreshenkov – literature analysis, statistical data collection
 F.E. Sharykin – tabular and graphical presentation of results, description of results and drawing of conclusions
 Ulyukina E.A., Oreshenkov A.V., Sharykin F.E. have copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Received 27.12.2022; revised 12.03.2023; accepted 13.03.2023