

СЕПАРАЦИЯ ВОДЫ ИЗ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ВЫСОКОПОРИСТЫМ МАТЕРИАЛОМ НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА-4

Калюжный А.Б., к.т.н.

*(Харьковский национальный университет сельского хозяйства
им.П.Василенко)*

Платков В.Я., доктор физ.-мат. наук

(Харьковский национальный экономический университет)

Предложен метод оптимизации поровой структуры сепарирующего материала и установлены оптимальные значения поровых структур материалов, сформированных порообразователями различных дисперсных составов. Показано, что для достижения максимальной эффективности сепарации необходимо комбинирование пористых материалов с разной пористостью.

Одним из важных требований, предъявляемых к чистоте топлива, является отсутствие в нем воды. Вода является постоянным спутником дизельного топлива, оказывающим отрицательное влияние как на свойства топлива, так и на работоспособность топливной аппаратуры дизельных двигателей. Вода попадает в топливо на всех этапах его транспортирования, слива, хранения, налива и заправки [1].

Известен ряд способов отделения свободной воды от нефтепродуктов, основанных на химических, физических и физико-химических процессах [2]. Однако, лишь немногие могут быть применены для обезвоживания дизельного топлива.

Достаточно широко распространен фильтрационный метод обезвоживания дизельных топлив через пористые перегородки на основе синтетических волокон [3]. Существенным недостатком этих материалов являются: вымываемость волокон, что приводит к загрязнению топлива на выходе, а также невысокая химическая стойкость, малая прочность и трудность регенерации. В связи с этим необходима разработка эффективных сепараторов стойких к химико-физическому воздействию топлива. Для решения этой задачи было необходимо создать сепарирующий материал, не волокнистого строения, изучить возможный механизм водоотделения, установить роль структурных факторов пористого материала и геометрических параметров сепарирующего элемента в этом процессе, установить гидродинамические режимы фильтрации топлива, обеспечивающие эффективную сепарацию воды и при высоких значениях обводненности топлив достичь полной сепарации эмульгированной воды. С этой целью были приготовлены и исследованы пористые материалы, получаемые из порошкообразного политетрафторэтилена. Отметим, что ранее в литературе отсутствовали сведения об использовании объемных пористых фторопластов для сепарации воды из дизельных топлив.

Методика приготовления объектов исследования.

Объемные пористые материалы на основе фторопласта-4 были получены двумя методами. В основе первого из них лежало формирование материала из жестких частиц термообработанного полимера определенной дисперсности посредством его таблетирования и последующего спекания [4]. По второму методу использовался твердый порообразователь. При этом готовилась смесь диспергированного, легко растворимого в воде порообразователя (NaCl) с порошком полимера, которая таблетировалась и спекалась с последующим удалением порообразователя [5].

Согласно первого метода получен крупнопористый материал (БП) в форме цилиндра с геометрическими размерами: диаметр наружный 72 мм, диаметр внутренний 48 мм, высота 140 мм.

По второму методу были изготовлены пористые материалы двух видов: крупнопористые (КП), образованные порообразователем, средний размер частиц которого 140 мкм, и мелкопористые (МП) со средним размером частиц порообразователя 40 мкм. Приготовленные материалы были получены в форме цилиндров двух типоразмеров, таких, что меньшие из них (для КПм и МПм диаметр наружный 48 мм, диаметр внутренний 34 мм, высота 140 мм.) могли быть с натягом вставлены в элементы большего размера (для КПб и МПб диаметр наружный 72 мм, диаметр внутренний 48 мм, высота 140 мм.). Это позволило провести исследования на пористых материалах с разной толщиной (толщина слоя 7 и 12 мм, суммарная толщина 19 мм), а также комбинации крупнопористых и мелкопористых элементов.

Определение структурных параметров.

Объемную пористость образцов определяли экспериментально и рассчитывали из соотношения плотностей:

$$\Pi_{\text{об.}} = 1 - \rho_{\text{п}}/\rho_{\text{к}}, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{п}}$ и $\rho_{\text{к}}$ - плотности пористого и компактного материалов соответственно.

Герметичность фильтрующих материалов измеряли методом Баруса-Бехгольда на установке, описанной в [6]. В процессе испытания определяли два вида герметичности: единичную и массовую. Средний диаметр пор определялся по формуле:

$$d_{\text{ср}} = \frac{4\sigma \cdot \cos \Theta}{\rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot \Delta P} \cdot 10^5, \quad (2)$$

где σ – сила поверхностного натяжения пропитывающей жидкости, Н/м;

Θ – краевой угол смачивания, град.;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, залитой в дифференциальный манометр, кг/м³;

ΔP – перепад давления, соответствующий массовой потери герметичности, замеряемый дифференциальным манометром, вод. ст. мм;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Коэффициент извилистости определялся как [7]:

$$K_{\text{изв.}} = l_{\text{п.}}/l_{\text{с}}, \quad (3)$$

где $l_{\text{п.}}$ – длина пути прохождения бесконечно малого объема фильтруемой

среды (длина поры), м;

l_c – толщина пористого полимерного слоя, м.

Данные о структурных параметрах сепарирующих полимерных элементов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Структурные параметры сепарирующих полимерных элементов

Структурные параметры	Тип пористого элемента				
	БП	КПМ	КПБ	ПММ	МПБ
Объёмная пористость, %	48	74	74	72	72
Герметичность, мм вод. ст.:					
- единичная	65	80	85	130	140
- массовая	90	100	110	165	180
Средний диаметр пор, мкм	90	80	73	48	44
Коэффициент извилистости пор	1,1	1,60	1,64	1.82	1.85

Определение гидравлических и сепарирующих свойств пористых фторопластов.

Исследования проведены на лабораторном стенде, схема которого приведена на рис. 1.

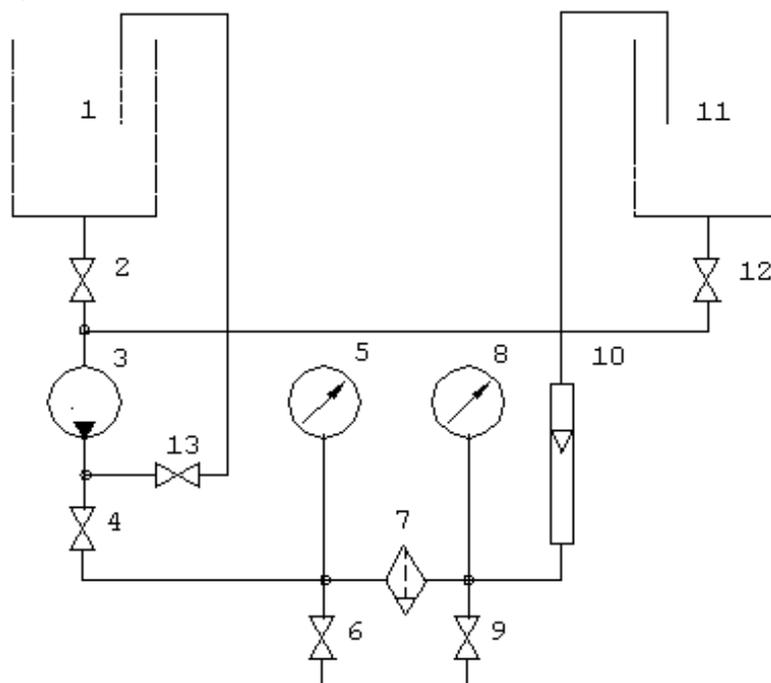


Рис. 1. Схема лабораторного стенда для исследования гидравлических и водоотделяющих свойств пористых элементов

Стенд работал в двух режимах: эмульгирования и сепарации. Дизельное топливо объёмом 5 л заливалось в расходный бак 1. Водотопливная эмульсия приготавливалась в режиме эмульгирования, при этом в дизельное топливо вводилась дистиллированная вода в количестве 0.05 %. Вентили 4,12

закрывались, а вентили 2 и 13 открывались и перекачка обводненного топлива осуществлялась лопастным насосом 3, в котором крупные глобулы воды измельчались на более мелкие и равномерно распределялись по объему топлива, образуя водотопливную эмульсию. Время эмульгирования (2 мин. 30 сек.) определялось из производительности топливного насоса (0,033 л/с.) и соответствовало однократному прохождению топлива через насос. Эмульгирование осуществлялось при температуре 20⁰С.

В режиме обезвоживания вентили 2 и 4 были открыты, а вентили 12 и 13 – закрыты. Водотопливная эмульсия насосом 3 подавалась в корпус сепаратора 7, при этом топливо поступало на внутреннюю поверхность цилиндрического пористого элемента. Для визуального наблюдения процесса сепарации корпус фильтра был изготовлен из оптически прозрачного стекла. После сепаратора обезвоженное топливо проходило через ротаметр 10 и поступало в приемный бак 11. Расход топлива в процессе эксперимента был постоянный (0,033 л/с.) и измерялся ротаметром 10, калибровка которого осуществлялась с помощью мерного цилиндра и секундомера.

Начальный перепад давления на сепараторе ($\Delta P_{\text{нач.}}$) определялся по показаниям образцовых манометров 5 и 8. Отбор проб топлива для определения начальной эффективности водоотделения ($\eta_{\text{нач.}}$) осуществлялся с помощью вентиля 6 и 9.

По окончанию цикла вентили 2 и 4 закрывались, а 12 и 13 открывались и топливо перекачивалось из приемного бака 11 в расходный бак 1. Затем топливо повторно обводнялось и повторялись режимы эмульгирования и сепарации. Этот цикл ($T_{\text{цикла}} \approx 10-12$ мин.) многократно повторялся в течение 6 – 7 часов, после чего определялся конечный перепад давления на фильтре ($\Delta P_{\text{кон.}}$) и производился отбор проб топлива для определения конечной эффективности водоотделения ($\eta_{\text{кон.}}$).

Диаметры глобул воды на выходе пористого элемента (d_k), и оседающих в отстойнике сепаратора, оценивали с помощью линейки расположенной внутри его корпуса.

Эффективность водоотделения определяли по формуле:

$$\eta = (Q_1 - Q_2)/Q_2, \% \quad (4)$$

где Q_1 и Q_2 – соответственно, концентрация воды в пробах топлива, отобранных до и после сепаратора, %.

Концентрация воды в топливе определялась по ранее разработанной методике [8].

Опыты проведенные на пористом фторопласте, приготовленном без порообразователя, показали, что данный тип пористого материала не разделяет водотопливную эмульсию. В противоположность этому впервые установлено, что пористый фторопласт, приготовленный с использованием порообразователя, разделяет водотопливную эмульсию, причем процесс сепарации оказался высокоэффективным. Результаты исследований приведены в табл. 2

Таблица 2. Результаты исследований

Типоразмер пористого элемента	Эффективность водоотделения, %		Перепад давления на сепараторе, МПа		Диаметры глобул воды, d_k , мм
	$\eta_{нач.}$	$\eta_{кон.}$	$\Delta P_{нач.}$	$\Delta P_{кон.}$	
КПм	96,5	92,7	0,0060	0,0065	менее 1,0
КПб	98,6	96,4	0,0051	0,0060	0,5-1,0
КПм и КПб	99,9	99,6	0,0051	0,0080	0,5-2,0
МПм	99,8	99,5	0,0083	0,0089	менее 1,0
МПб	100,0	99,8	0,0076	0,0090	менее 1,5
МПм и МПб	100,0	100,0	0,0063	0,0100	менее 1,5
МПм и КПб	100,0	100,0	0,0077	0,011	0,5-2,5
КПм и МПб	95,5	95	0,0092	0,01	менее 1,0

Из табл. 2 следует, что увеличение толщины как мелкопористого, так и крупнопористого материалов приводит к повышению водоотделения. Наиболее эффективно обезвоживают топливо соосно установленные мелкопористые элементы (МПм и МПб), а также комбинация из мелкопористого и крупнопористого элементов (МПм и КПб). При этом, для второго случая, глобулы воды на выходе из комбинации пористых элементов имели большие размеры, что улучшает процесс отвода образовавшихся капель воды в отстойник. Особо следует отметить, что даже при предельно высокой исходной концентрации воды в топливе (соотношение объемов воды и топлива 1:1) указанный сепаратор оказался высокоэффективным, позволяющим полностью удалить эмульгированную воду, при этом время полной сепарации воды увеличилось лишь в два раза, по сравнению с аналогичным временем для случая малой концентрации воды (0.05%).

Отметим, что предложенные сепарирующие материалы обладают такими положительными качествами, как регенерируемость, химическая стойкость, механическая прочность присущими полимерным высокопористым фильтрующим материалам объемного типа.

Список литературы

1. Коваленко В.П., Турчанинов В.Е. Очистка нефтепродуктов от загрязнения: – М.: Недра, 1990. – 160 с.
2. Большаков Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов – Л.: Недра, 1982. – 350 с.
3. Рыбаков К.В., Жулдыбин Е.Н., Коваленко В.П. Обезвоживание авиационных горючесмазочных материалов. – М.: Транспорт, 1979. – 182 с.
4. А.А. Горина, Т.Д. Сыркус, Л.С. Уколова, Пористые фторопласты, НИИТЭХИМ. – М., 1975. – 80 с.
5. T.L.Karpova, V.G.Kalyuzhny, V.Ya.Plotkov. Structure and functional properties of high-porosity material based on Fluoroplast-4. Functional Material, 6. №2, 1999.

6. Пористые проницаемые материалы: Справ. Изд./Под ред. Белова С.В. – М.: Металлургия, 1987. – 335 с.

7. П.Б. Животинский. Пористые перегородки и мембраны в электрохимической аппаратуре. Л.: Химия, 1978. – 142 с.

8. А.Б. Калюжный, В.Я. Платков. Количественный анализ содержания воды в дизельном топливе. Нефтегазовые технологии. – 2001. - №6. – С. 11– 12.

Анотація

СЕПАРАЦІЯ ВОДИ З ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ВИСОКОПОРИСТИМ МАТЕРІАЛОМ НА ОСНОВІ ФТОРОПЛАСТУ-4

Калюжний А.Б. Платков В.Я.

Запропоновано метод оптимізації порової структури матеріалу, що сепарує, і встановлено оптимальні значення порових структур матеріалів, сформованих пороутворювачами різних дисперсних складів. Показано, що для досягнення максимальної ефективності сепарації необхідне комбінування пористих матеріалів на основі фторопласту-4 з різною пористістю.

Abstract

WATER SEPARATION FROM DIESEL FUEL BY MEANS OF POROUS MATERIALS BASED ON FLUOROPLAST-4

A. Kalyuzhnyy, V. Platkov

An optimization method of new porous structure of separating materials has been suggested and optimal values of porous material structures formed using porogen of various dispersible compositions have been determined. It has been shown that to reach maximum efficiency of separation it is necessary to combine porous materials on the basis of fluoroplast-4.

УДК 621.357.035

ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АНОДНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОСАДЖЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ПОКРИТЬ НА ПОВЕРХНІ ОТВОРІВ

Блезнюк В.М., Гладченко В.Я.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

Приведено рекомендації з вибору оптимальних геометричних параметрів конструкції анодного пристрою для осадження гальванічних покриттів на поверхні отворів.