

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Калюжный А.Б.<sup>1</sup>, Калюжный Б.Г.<sup>1</sup>, Платков В.Я.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Харьковский национальный технический университет  
сельского хозяйства им. Петра Василенко*

*<sup>2</sup>Харьковский национальный экономический университет  
им. Семена Кузнеця*

*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.*

Надежность дизельных двигателей сельскохозяйственной техники определяется в первую очередь безотказностью топливной аппаратуры, около 50% отказов которой происходит вследствие загрязненности топлива. Загрязнениями топлива являются вода, продукты коррозии резервуаров и трубопроводов, механические примеси и продукты окисления углеводородов топлива, образующие нерастворимые вещества. Важнейшим требованием к чистоте топлива является отсутствие в нем воды. Углеводородное топливо гигроскопично. Вода в углеводородных топливах находится в свободном состоянии, в виде водотопливных эмульсий и в растворенном состоянии. Для повышения надежности топливной аппаратуры необходимо, в первую очередь, удалить эмульгированную воду. Водотопливная эмульсия образуется дроблением свободной воды на мельчайшие капли при прохождении топлива через насосы и при выпадении из топлива растворенной воды при охлаждении. При заправке машин топливом загрязнители, среди которых имеются и поверхностно-активные вещества, образуют стойкие, мелкодисперсные эмульсии, трудно отстаивающиеся и проникающие в прецизионные узлы топливной аппаратуры через существующие фильтры [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 обезвреживания 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 новых эффективных сепараторов стойких к химико-физическому воздействию топлива. Для решения этой задачи было необходимо создать сепарирующий материал, не волокнистого строения, установить роль структурных факторов пористого материала и геометрических параметров сепарирующего элемента в процессе водоотделения, изучить возможный механизм водоотделения, установить гидродинамические режимы фильтрации топлива, обеспечивающие эффективную сепарацию воды и достичь полной сепарации эмульгированной воды при высоких значениях обводненности топлив. С этой целью были приготовлены и исследованы пористые материалы, получаемые из порошкообразного политетрафторэтилена.

#### **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:

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

где  $\rho_{п}$  и  $\rho_{к}$  - 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:

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

где  $\sigma$  - сила поверхностного натяжения пропитывающей жидкости, Н/м;

$\Theta$  - краевой угол смачивания, град.;

$\rho_{ж}$  - плотность жидкости, залитой в дифференциальный манометр, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta P$  - перепад давления, соответствующий массовой потери герметичности, измеряемый дифференциальным манометром, вод. ст. мм;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Коэффициент извилистости определялся как [7]:

$$K_{изв.} = l_{п}/l_{с}, \quad (3)$$

где  $l_{п}$  - длина пути прохождения бесконечно малого объема фильтруемой среды (длина поры), м;

$l_{с}$  - толщина пористого полимерного слоя, м.

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

Таблица 1. Структурные параметрах полимерных элементов.

Структурные параметры	Тип пористого элемента				
	БП	КПм	КПб	ПМм	МПб
Объемная 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.

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 20<sup>0</sup>С.

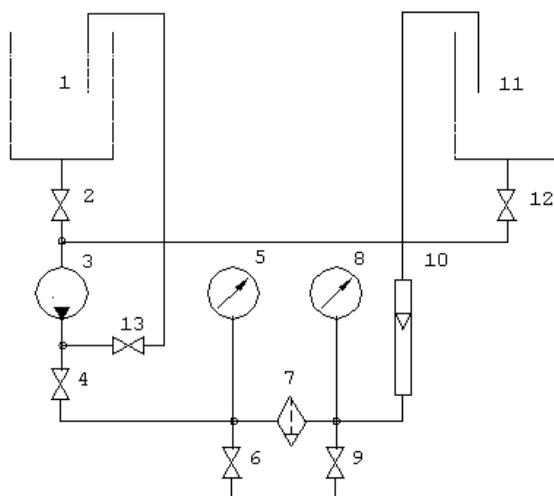


Рис. 1. Схема лабораторного стенда для исследования гидравлических и водоотделяющих свойств пористых элементов

В режиме обезвоживания вентили 2 и 4 были открыты, а вентили 12 и 13 – закрыты. Водотопливная эмульсия подавалась насосом 3 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 вентилей 6 и 9.

По окончании 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:

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

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

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 (соотно-

шение 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%).

Таблица 2. Сепарирующие свойства пористых фторопластов.

Типоразмер пористого элемента	Эффективность водоотделения, %		Перепад давления на сепараторе, МПа		Диаметры глобул воды, мм
	$\eta_{нач.}$	$\eta_{кон.}$	$\Delta P_{нач.}$	$\Delta P_{кон.}$	$d_k$
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

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

### Список использованных источников

1. Коваленко В.П., Турчанинов В.Е. Очистка нефтепродуктов от загрязнения: -М.: Недра 1990 г. 160 с.
2. Большаков Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов –Л: Недра. 1982 г. –350 с.
3. Рыбаков К.В., Жулдыбин Е.Н., Коваленко В.П. Обезвоживание авиационных горючесмазочных материалов. М.: Транспорт. 1979 г. 182 с.
4. А.А. Горина, Т.Д. Сыркус, Л.С. Уколова, Пористые фторопласты, НИИТЭХИМ, Москва (1975), 80 с.
5. T.L.Karpova, B.G.Kalyuzhny, V.Ya.Plotkov. Structure and functional properties of high-porosity material based on Fluroplast-4. Functional Material, 6, No.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 г. 142 с.

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

#### **Анотація**

### **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ ФІЛЬТРУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

**Калюжный А.Б., Калюжный Б.Г., 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**

### **IMPROVING THE RELIABILITY OF THE FUEL EQUIPMENT THROUGH THE OPTIMIZATION OF THE FILTER ELEMENTS**

**Kalyuzhny A.B., Kalyuzhny B.G., Platkov V.Ya**

*An optimization method of 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 different porosity fluoroplast-4.*