

## НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.М. КАПЦЕВИЧ, Р.А. КУСИН, Д.И. КРИВАЛЬЦЕВИЧ, Г.А. АЗАРОВ,  
Е.А. МАРШИНА, И.В. ЗАКРЕВСКИЙ

*Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

В статье описаны новые технические решения по созданию фильтрующих устройств, которые можно использовать для очистки рабочих жидкостей гидравлических систем. Одним из перспективных направлений повышения эффективности очистки является применение фильтрующих материалов с анизотропной структурой пор и создание на их основе новых композиционных фильтров. Такие материалы обеспечивают высокую тонкость очистки при сохранении высокой производительности и срока службы, а также позволяют осуществлять многостадийную очистку, реализуя эффект объемной фильтрации.

In article new technical decisions on creation of filtering devices which can be used for clearing working liquids of hydraulic systems are described. One of perspective directions of increase of efficiency of clearing is application of filtering materials with anisotropic structure of times and creation on their basis of new composite filters. Such materials provide a high subtlety of clearing at preservation of high efficiency and service life, and also allow to carry out multiphasic clearing, realizing effect of a volumetric filtration.

### Введение

Безотказность и долговечность агрегатов гидравлических систем зависит не только от многочисленных конструктивных, технологических, производственных факторов, но и от эксплуатационных. По информации зарубежных компаний Vickers, Parker, Bosch Rexroth, Hydac, Sauer-Danfoss, специализирующихся на изготовлении гидравлического оборудования, до 70...80 % всех отказов в гидравлических системах и связанный с этим ремонт гидрооборудования возникает из-за загрязнения рабочих жидкостей (РЖ).

Одним из таких загрязнений, оказывающим отрицательное влияние на надежность агрегатов гидравлической системы, является наличие воды в РЖ. Анализ проб, взятых из гидроприводов различных машин, показывает [1, 2], что в рабочих жидкостях содержание воды может достигать 10 %. Это приводит к образованию смол, асфальтенов и других продуктов окисления, которые, осаждаясь на деталях гидроагрегатов, способствуют увеличению потерь мощности на трение и интенсифицируют процесс износа. В зимний период наличие воды в РЖ может привести к образованию ледяных пробок и разрушению сборочных частей гидроприводов.

Другими основными причинами снижения эксплуатационной надежности гидроагрегатов является загрязнение рабочих жидкостей механическими примесями. Наиболее значительное их число поступает в РЖ при эксплуатации машин. К ним относятся пыль из воздуха, проникающую через заливные горловины при открытой заправке баков и через сапуны, грязь, поступающую через уплотнения штоков гидроцилиндров при их работе, и продукты износа трущихся деталей гидроаппаратуры. Так, при выполнении сельскохозяйственных работ на тракторах с навесными, полунавесными и прицепными гидрофицированными машинами через сапун в бак гидравлической системы трактора поступает до 0,3...0,35 м<sup>3</sup>/ч воздуха, в 1 м<sup>3</sup> которого содержится в зависимости от условий работы от 0,06 до

160 г пыли [2]. Причиной загрязнений также может быть частичное разрушение фильтрующих элементов фильтров и вымыв в РЖ ранее задержанных частиц загрязнений.

Анализ частиц загрязнителя по дисперсному составу показывает, что в основном они имеют размер до 10 мкм (около 95 %), 10...25 мкм (3...5 %), 25...50 мкм (около 2 %). Экспериментально доказано, что повышение тонкости фильтрации жидкости в гидравлической системе с 20...25 до 5 мкм увеличивает срок службы аксиально-поршневых насосов более чем в 10 раз, а гидроаппаратуры – в 5...7 раз [2]. Наибольший вред узлам трения гидроаппаратуры наносят присутствующие в РЖ твердые частицы с размерами 10...30 мкм [3]. Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что степень загрязнения РЖ непосредственно зависит от своевременной и качественной ее очистки.

### Основная часть

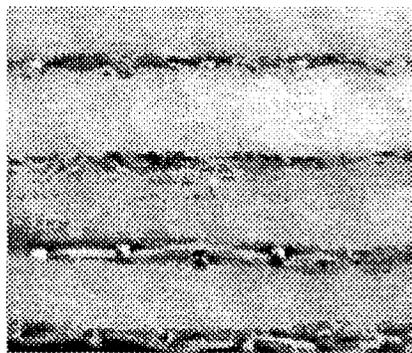
Все существующие способы очистки можно условно разделить на две группы. К первой относятся фильтрационная очистка, а ко второй – способы, основанные на использовании разнообразных силовых полей: гравитационного, центробежного, акустического, электрического и т.д. Из анализа известных способов очистки [3–7], можно констатировать, что наиболее широкое распространение получила фильтрационная очистка как достаточно простой способ по реализации, надежный и эффективный по качественным показателям. Фильтрационная очистка представляет собой процесс отделения взвешенных в нефтепродукте коллоидов органического происхождения, микрочастиц механических загрязнений и микрокапель воды при прохождении через поры фильтрующих материалов (ФМ).

Анализ научно-технической литературы по обеспечению чистоты рабочих жидкостей показывает, что усилия по решению данной проблемы должны быть направлены на создание новых и

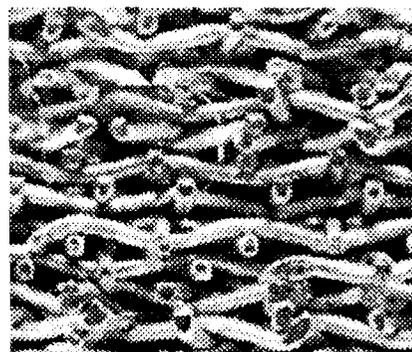
эффективных средств очистки – фильтров, фильтров-влажнителей, которые должны надежно защищать узлы и механизмы сельскохозяйственной техники. В первую очередь, фильтры должны задерживать твердые механические частицы, являющиеся продуктом металлообработки, сварки и термообработки (стружка, заусенцы, ржавчина, окалина, формовочная земля, песок и др.), оставшиеся в гидравлической системе после изготовления, а также попадающие в нее при эксплуатации (пыль, цемент).

По способу задержания частиц загрязнений фильтрующим материалом фильтры разделяют на поверхностные и объемные (глубинные). В поверхностных фильтрах частицы загрязнений задерживаются на поверхности ФМ. В роли таких ФМ применяется бумага и различные виды тканей. В объемных фильтрах частицы загрязнений проникают в поры ФМ и прочно удерживаются в них. В качестве таких ФМ используется войлок, синтетические и порошковые материалы.

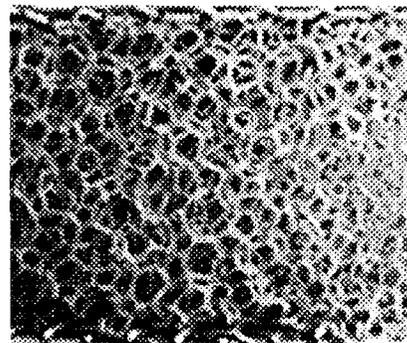
Для очистки масел гидравлических приводов мобильной сельскохозяйственной техники нами предложены новые конструкции фильтров, основанные на принципе объемного фильтрования. В таких фильтрах для повышения производительности, грязеемкости и срока их службы применены новые композиционные пористые материалы с анизотропной структурой пор. В качестве таких материалов выступают многослойные порошковые пористые материалы, материалы на основе металлических сеток, пористые волокнистые материалы, сжимаемые высокопористые ячеистые материалы, а также их композиции. На рисунке 1 представлены фотографии их пористой структуры.



а



б



в

Рис. 1. Композиционные фильтрующие материалы: а – нетканый войлок и металлические сетки; б – металлические сетки; в – пенополиуретан

Одним из конструктивных решений, где реализована задача, позволяющая достигнуть эффекта объемной фильтрации, является композиционный фильтр, защищенный патентом РБ № 2207 (рис. 2). Предлагаемый фильтр состоит из корпуса (1), входного (2) и выходного (3) патрубков, подводящей (4) и отводящей (5) полостей, распределительных решеток (6) и (7) с отверстиями (9) и (10), пластин (8) из плоских фильтроэлементов.

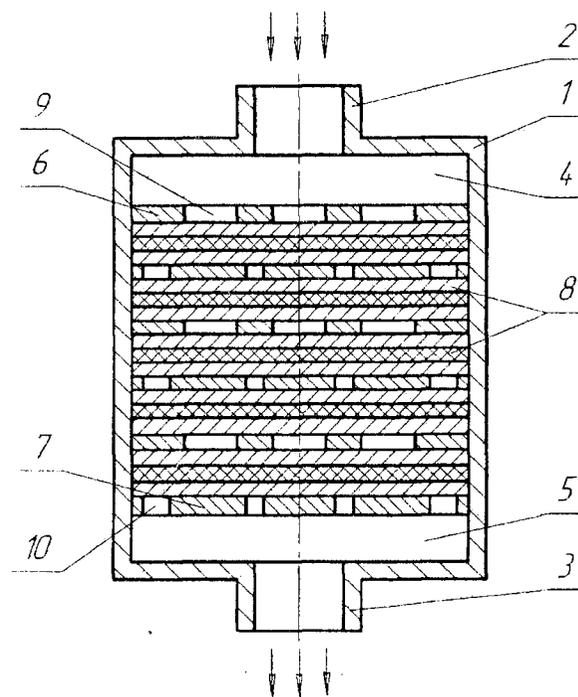


Рис. 2. Композиционный фильтр (патент РБ № 2207)

РЖ, содержащая посторонние примеси в виде мельчайших частиц, поступает через входной патрубок (2) в подводящую полость (4) и, подходя к распределительной решетке (6), разделяется на многочисленные потоки, проходящие через отверстия (9), заполняет пакет, составленный из пластин (8). Посторонние примеси, размер которых больше размера отверстий (9), задерживаются сразу в

подводящей полости (4) и в отверстиях входной распределительной решетки. Посторонние примеси меньших размеров попадают в поровые каналы пластин (8). Далее поток очищаемой РЖ, не имея возможности прямого подхода к отверстиям (10) в следующей распределительной решетке (7), изменяет направление движения на  $90^\circ$  и попадает в поровые каналы пластин (8) меньших размеров, которые задерживают более мелкие частицы. Этот процесс повторяется многократно. Таким образом, происходит многостадийная очистка потока жидкости. В конце процесса очистки поток жидкости попадает в поровые каналы пластин (8), расположенные над отверстиями (10) в распределительной решетке (7), и далее, через эти отверстия, в отводящую полость (5) и выходит через выходной патрубок (3).

Для уменьшения размеров поровых каналов и тем самым улавливания более мелких частиц пакет пластин выполнен из чередующихся попарно сеток и плоских элементов из анизотропного высокопористого ячеистого материала. При такой конструкции фильтра достигается эффект объемной фильтрации, при котором процесс очистки осуществляется практически во всем объеме фильтрующего материала, а не только в его слое, непосредственно контактирующим с загрязненным потоком.

При помощи фильтрационной очистки можно одновременно удалять из РЖ свободную воду и твердые частицы загрязнений, добиваясь высокой эффективности очистки. При этом используется только кинетическая энергия потока очищаемой РЖ и отсутствует необходимость в использовании какой-либо механической или электрической энергии. Для решения этой проблемы служит композиционный фильтр-сепаратор, представленный на рис. 3 (патент РБ № 2699).

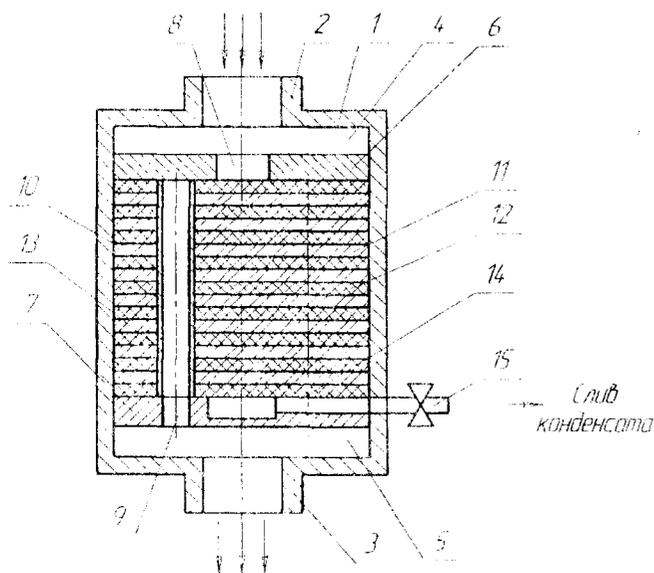


Рис. 3. Композиционный фильтр-сепаратор (патент РБ № 2699)

Для удаления влаги дополнительно в пакете пластин (10), выполненных из чередующихся по-

парно сеток и плоских элементов из пенополиуретана, проделаны сквозные отверстия, совпадающие с отверстиями (9) в нижней распределительной решетке (7). В эти отверстия установлены трубчатые фильтроэлементы (13), которые изготовлены из пористых порошковых материалов, примыкающие к нижней (7) и верхней (6) распределительным решеткам. Со стороны верхней поверхности нижней распределительной решетки выполнены коаксиальные каналы для сбора конденсата, соединенные между собой и не совпадающие с отверстиями в нижней распределительной решетке, соединенные с выходным сливным отверстием, в котором установлен дополнительный патрубок (15) с вентилем.

При очистке РЖ, содержащая посторонние примеси в виде твердых частиц и воды, поступает через входной патрубок (2) в подводящую полость (4) и, подходя к входной распределительной решетке (6), распределяется на многочисленные потоки, проходящие через отверстия (8). Твердые частицы, движущиеся параллельно потоку, задерживаются в плоских элементах (11), где также происходит коалесценция капель воды. После выхода из коагулирующего слоя капли воды накапливаются в порах пластин из высокопористых ячеистых материалов с анизотропной структурой (12) (пенополиуретана), и под действием потока жидкости выпалкиваются в виде крупных капель, не доходя до трубчатых элементов (13). Укрупненные капли воды, двигаясь перпендикулярно потоку газа или жидкости под действием силы тяжести, стекают в коаксиальные каналы (14) для сбора конденсата, где скапливаются и периодически удаляются через патрубок (15) с вентилем. Далее поток РЖ, проходя плоские элементы (11) и пластины из упругих материалов (12), движется к трубчатым элементам (13) и выходит через отверстия (9) в нижней распределительной решетке (7) в отводящую полость (5) и выходит через выходной патрубок (3).

В связи с тем, что пенополиуретан обладает достаточно высокими гидрофобными свойствами и имеет высоко развитую структуру пор, коалесценция капель воды происходит в нем не на поверхности пор, а в межпоровом пространстве, чем достигается высокое качество очистки. Эффективность улавливания твердых частиц в данном фильтре может быть повышена путем размещения трубчатых фильтроэлементов, выполненных из пористых порошковых материалов.

Как отмечалось выше, основную роль при объемной фильтрации играют поры, которые сужаются к зоне изменения направления потока. Необходимо стремиться, чтобы их доля значительно превосходила долю пор, которые расположены до этой зоны. Таким образом, в процессе очистки будет участвовать подавляющая часть пор ФМ.

Этот принцип реализован в фильтре многостадийной очистки, представленном на рис. 4 (патент РБ № 1251), который имеет трубчатый каркас (1), верхнюю (2) и нижнюю (3) крышки с центровыми отверстиями (6), и размещенные между ними

фильтрующий пакет из пористых эластичных дисков (4), которые выполнены из пенополиуретана, и жесткие прокладки (5) в виде усеченных конусов.

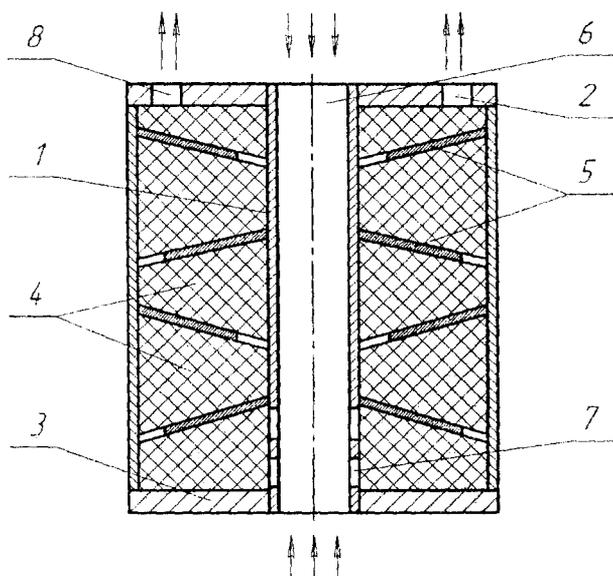


Рис. 4. Фильтр многостадийной очистки (патент РФ № 1251)

Очищаемая среда движется вдоль фильтрующего пакета, перпендикулярно оси пористых эластичных дисков (4), к зоне отверстий (7). Затем переходит в пористый эластичный диск, по которому движется в противоположном направлении к зоне отверстий в прокладке (5). Жидкость многократно проходит через пористые эластичные диски (4) с уменьшающимися размерами пор в направлении фильтрации, что в большей степени способствует режиму глубокой фильтрации, т.е. эффективно очищается во всем полезном объеме фильтроэлемента и выходит через отверстия (8) верхней крышки (2).

Повышенным сроком службы, низкой стоимостью изготовления и простотой конструкции отличается намотной фильтр (патент РФ № 3010), в котором на проницаемую оправку (7) уложен послойно по винтовой линии фильтрующий материал (рис. 5). В качестве фильтрующего материала использована композиционная лента 7, состоящая из фильтрующей (9) и непроницаемой лент (10), причем непроницаемая лента расположена с наружной стороны фильтрующей ленты и ее ширина меньше ширины фильтрующей ленты. Композиционная лента уложена таким образом, что каждый последующий слой перекрывает предыдущий на участке, равном ширине непроницаемой ленты.

Очищаемая жидкость поступает в корпус (1), а далее через подводящую полость (2) в фильтрующий элемент (6). Подходя к внешней поверхности фильтрующего элемента (6), заполняет крупные поровые каналы композиционной ленты (8), расположенные перпендикулярно волокнам фильтрующей ленты (9), выполненной из войлока либо из эластичного открытопористого материала.

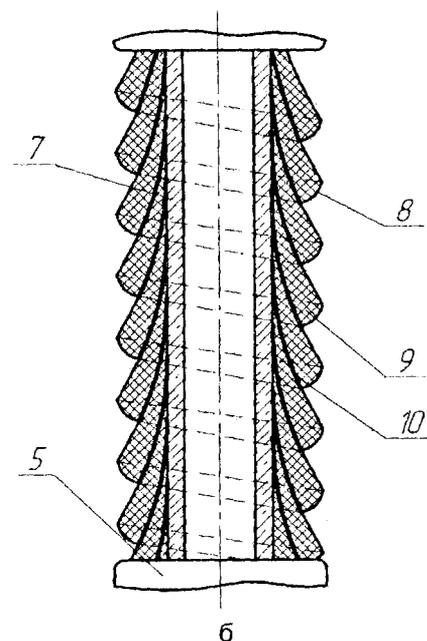
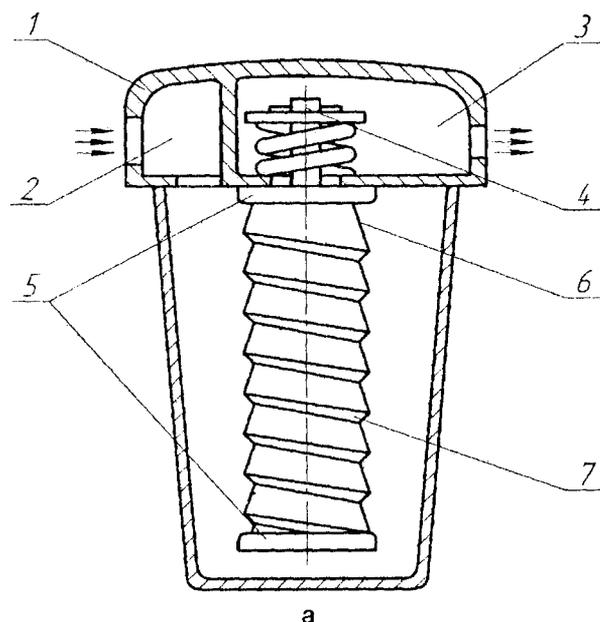


Рис. 5. Намотной фильтр: а – общий вид, б – фильтрующий элемент

Однако, наткнувшись на непроницаемую ленту (10), поток жидкости с примесями поворачивается на  $90^\circ$ . Так как композиционная лента (8) в это направлении имеет меньший размер поровых каналов, то примеси, неспособные пройти через них, задерживаются в поровых каналах фильтрующей ленты (9). Далее поток жидкости проходит через проницаемую оправку (7), выполненную из композитного порошкового материала, попадает отводящую полость (3) и выходит из фильтра. И меняя степень сжатия композиционной ленты при укладке, можно управлять тонкостью фильтрации, повышая грязеемкость фильтра и его срок службы.

Следует отметить, что описанные выше новые конструкции фильтров нашли практическое при

нение в мобильной установке для очистки отработанных гидравлических и моторных масел, разработанной УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

#### Выводы

Предложенные новые конструкции фильтров на основе ФМ с анизотропной структурой пор, обладают высокими фильтрующими свойствами, относительно низкой стоимостью, что делает их применение для очистки РЖ от загрязнений экономи-

чески и технологически целесообразным. Они обеспечивают высокую степень очистки при сохранении высокой производительности и срока службы, а также обладают способностью к многократной регенерации. Их применение соответствует основным современным тенденциям в области фильтрования и способствует конструктивному и эксплуатационному совершенствованию фильтров, заключающему в увеличении их надежности и ресурса работы, упрощении конструкции и повышении качества очистки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черкун В.Е. Ремонт тракторных гидравлических систем / В.Е. Черкун. – 2-е изд. – М.: Колос, 1984. – 253 с.
2. Присс В.И. Диагностирование гидроприводов тракторов и комбайнов / В.И. Присс, Э.В. Костюченко. – Минск: Ураджай, 1989. – 224 с.
3. Ленивец Г.А. Рациональные методы использования масел в сельскохозяйственной технике. – Самара, 1991. – 124 с.
4. Витязь П.А. Фильтрующие материалы: свойства, области применения, технология изготовления / П.А. Витязь, В.М. Калцевич, Р.А. Кусин. – Минск: НИИ ПМ с ОП, 1999. – 304 с.
5. Григорьев, М.А. Автомобильные и тракторные центрифуги / М.А. Григорьев, Г.П. Покровский. – М.: Машгиз, 1961. – 184 с.
6. Большаков Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов / Г.Ф. Большаков. – 2-е изд. – Л.: Недра, 1982. – 350 с.
7. Пористые проницаемые материалы: справ. изд. / С.В. Белов [и др.]; под ред. С.В. Белова. – М.: Металлургия, 1989. – 335 с.