

УДК 622.232.7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ФИЛЬТРА ПРОТИВОТОКОМ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

Стадник Н.И., докт. техн. наук, Семенченко А.К., докт. техн. наук, проф., ДонНТУ, Варшавский Ю.И., Кирилук Ю.Н., инженеры, ГП «Донгипроуглемаш»

В статье описана конструкция и принцип действия фильтра, сформированы условия его функционирования и дан качественный анализ переходных процессов в режиме автопромывки. Приведены результаты экспериментальной проверки режима автоматического контроля уровня загрязнения и работы устройства при различных значениях подпора в дренажной линии блока управления.

In the article the design and a principle of operation of the filter is described are generated conditions of his functioning and the qualitative analysis of transients in a mode of cutowashdown is given. Results of experimental check of a mode of automatic monitoring of a level of pollution and activity of the device are resulted at various values of a pressure head in a drainage line of the control block.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Горные машины работают в особо тяжелых условиях, в том числе по фактору запыленности и загрязненности среды [1]. Для повышения ресурса техники, оснащенной гидроприводом, обеспечения надежной, эффективной и безопасной работы, рабочая жидкость (эмульсия, вода) этих гидросистем, в т.ч. систем орошения и охлаждения, должна подвергаться постоянной фильтрации. Применение фильтра с автоматической промывкой противотоком рабочей жидкости позволит решить вопрос повышения ресурса, надежности работы элементов гидропривода комбайнов, оросительных систем и механизированной крепи [2, 3].

Анализ исследований и публикаций. Ряд известных западных фирм (например, SEEBACH, HYDAC, Германия; AMIAD, Израиль) [4] выпускают фильтры с автоматической промывкой фильтрующего элемента. В зависимости от направления фильтруемого потока оседание «фильтровального пирога» происходит либо на внешней, либо на внутренней стороне фильтроэлемента, а его смыв и удаление за пре-

дела фильтра производится автоматическим включением противотока фильтруемой жидкости. Есть конструкции, в которых автоматическое удаление «фильтровального пирога» с внутренней поверхности фильтроэлемента осуществляется вращающимися щетками с последующим смывом.

Во всех случаях процесс автоматической промывки (самоочистки) начинается по достижении заданного перепада давления (т.е. разницы давлений между загрязненной и чистой сторонами фильтроэлемента), или по истечении заданного промежутка времени. Как правило контроль этих параметров осуществляют электрические датчики давления или таймеры, посылающие сигналы на включение-отключение исполнительных аппаратов автопромывки. В зависимости от объемов фильтруемого потока, площади фильтрации, содержания вредных примесей, плотности «фильтровального пирога», рабочего давления цикл промывки может длиться от 1-2 с до 10-15 с.

Применительно к шахтным условиям, где подобные установки являются передвижными, общим недостатком вышеописанных фильтров является необходимость во внешнем источнике энергии, в данном случае – электрическом, что более подходит для стационарных установок. Эта задача решена в конструкции фильтров типа FILTOMAT серии M100 фирмы AMIAD, в которой механизм автопромывки работает от турбины, приводимой фильтруемой жидкостью. К недостатку конструкции данного фильтра следует отнести:

- низкое рабочее давление – не более 0,8 МПа;
- сложность механизма автопромывки, обусловленная накоплением «фильтровального пирога» на внутренней стороне фильтроэлемента: - при срабатывании по заданному перепаду давления промывочного клапана фильтруемая вода поступает через расположенные вдоль внутренней поверхности фильтроэлемента форсунки и производит размыв загрязнений. Одновременно приводной механизм, работающий от гидравлической турбины, вращает вакуумный сканер внутри фильтроэлемента и осуществляют его поступательное перемещение. Через форсунки сканера производится отсос и удаление загрязнений из фильтра.

Вместе с тем, благодаря гидравлическому приводу механизма автопромывки, дополнительный источник энергии не требуется, что упрощает ее применение в качестве передвижной установки.

Постановка задачи. В работе поставлена и решена задача измерений, регистрации и анализа конструкции, обеспечивающей кон-

троль величини загрознєння фільтра і автоматическое включєніє процесу промывки протівотоком робочєй жидкости, в процесє стєнових ісслєдованій і опрєдєленіє умовий для єго функціонрванія.

Изложєніє матеріала і рєзультаты. Для мінімізації ручних работ при технічєском обслужіванії прєдвижних фільтраціонних устаноек в умовиях малолюдной очистной выємки і учитывая, что характер засорєній носит случайний характер, інститутом «Донгіпроуглемаш» разроботан самоочищающійся фільтр ФШП с чисто гидравличєской автоматикой управлєнія промывкой шєлєвых фільтроэлемєнтов протівотоком робочєй жидкости, конструкия которой суцєствєнно просє вышеописанной – бєз вращающіхся частєй.

Основніє параметры фільтра привєдєны в таблицє 1.

Таблиця 1

Наимєнованіє параметра і рєзмєра	Значєніє
1 Условний проход (справочний), мм	20
2 Расход номінальний, л/мин	150
3 Давлєніє номінальное, МПа	15
4 Прєдєльный прєпад давлєній на фільтроэлемєнтє, МПа, нє болєє	4
5 Тонкость фільтрації номінальная, мм	0,05
6 Габаритные рєзмєры, мм, нє болєє	
- дліна	1000
- ширіна	450
- высота	400
7 Масса, кг, нє болєє	190

Опытний образєц фільтра был ізготовлєн на ЗАО «Горловский машиностроитєль».

Общій вид фільтра показан на рис. 1.

Фільтр состоит из гидравличєского блока 10, в котором установлєны чєтырє фільтроэлемєнта 8, укрытые стаканами 6. К блоку пристыкованы гидроблок управлєнія 5, в состав которого входят двє

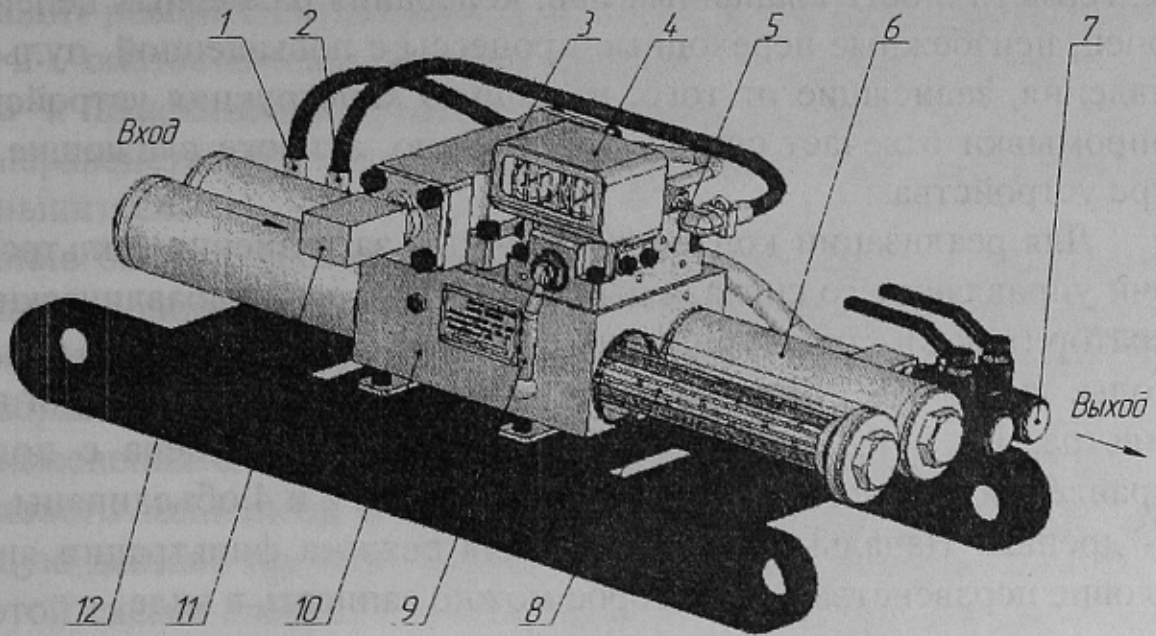


Рис 1 Фильтр штрековый ФШП

конические клапанные пары, и гидрораспределитель 3 с плоским золотником, гидравлически связанные между собой каналами в блоке.

Гидроблок управления имеет рукоятку 9 для дублирующего ручного управления (при необходимости).

По рукавам 1 и 2 с гасителями скоростного потока струй происходит сброс при промывке загрязнений из гидрораспределителя и дренажа из гидроблока управления. Вход в фильтр жидкости от одного или двух источников происходит через коллектор 12, а выход – через один или два шаровых крана (для одного или двух потребителей). Фильтр установлен на раме 13. Очистка включается периодически по мере загрязнения фильтроэлементов и повышения перепада давлений до величины настройки автопромывки, которую можно контролировать визуально по манометрам 4, установленным на входе и выходе.

При подготовке фильтра к приемочным испытаниям были проведены предварительные испытания на специальном стенде, где исследовались режимы работы, прежде всего, узлов гидроавтоматики, от которых зависит работоспособность и надежность фильтра в целом. Важно было установить фактический перепад давлений, при котором срабатывает автоматическая промывка, в сравнении с расчетным, в котором невозможно было учесть такие реальные факторы,

как трение в уплотнительных узлах, характеристика пружин, переко-сы, герметичность клапанных пар, колебания размерных цепей и, на-конец, неизбежные переходные процессы с повышенной пульсацией давления, зависящие от того, насколько конструкция устройства ав-топромывки отвечает своему назначению, а также влияющие на ре-сурс устройства.

Для реализации контроля величины загрязнения фильтра, и по-дачи управляющего сигнала был спроектирован гидравлический ком-паратор (рис.2), структурная схема которого приведена на рис.3а. На входы, линия 1 и 2, подается давление, снимаемое с входа и выхода фильтра, P1 и P2 соответственно, линия 5 соединена с полостью управления силового распределителя, линии 2 и 4 объединены, линия 3 - дренаж. Начальным условием для режима фильтрации является условие неравенства сил, которое можно записать в виде:

$$F1 < F2 + F_{пр}, \quad (1)$$

где F1 – сила действующая на элемент сравнения со стороны линии 1 (давление P1);

F2 – сила действующая на элемент сравнения со стороны ли-нии 2 (давление P2);

F_{пр} – сила пружины.

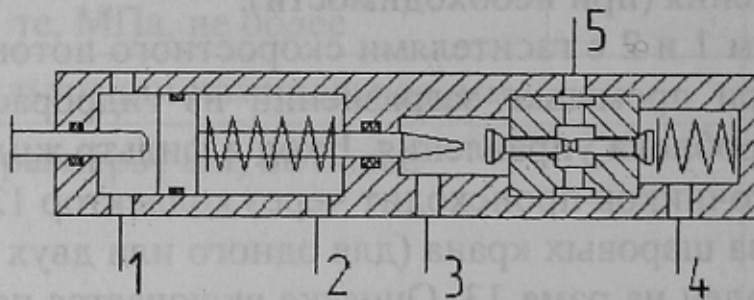


Рис. 2. Функциональная схема гидрокомпаратора давлений

Учитывая то, что фактически F1 и F_{пр} являются неизменными величинами, а F2 уменьшается в процессе фильтрации, то условием для начала режима промывки является неравенство сил, которое можно записать в виде:

$$F1 > F2 + F_{пр}, \quad (2)$$

При этом после начала процесса промывки на гидрокомпараторе происходит реверс сил (давлений), в линию 1 подается давление P_2 , в линию 2 – соответственно P_1 , что приводит к снятию управляющего сигнала и прекращения процесса промывки, т.е. восстановлению условия неравенства (1), и цикл повторяется пока перепад на фильтре не уменьшится.

Такие быстро протекающие процессы вызывают динамические пульсации в фильтре что приводит к «вырыванию» загрязнения из фильтроэлементов, при относительно не больших количествах жидкости сбрасываемой в слив. Частоту пульсаций можно настраивать путем изменения скорости истечения жидкости из полости управления силового золотника, в линию дренажа. Устройство и схему реализующую данный принцип будем называть импульсной. К достоинствам этой схемы следует отнести простоту конструкции, малое время промывки, прямой динамический контроль перепада давления ΔP на фильтре. К недостаткам, - уменьшение ресурса всех подвижных деталей проточной части фильтра, недостаточное качество промывки, о котором будет сказано ниже.

Вторым вариантом схемного решения гидрокомпаратора для квазистатического режима промывки может быть схема приведенная на рис. 3б

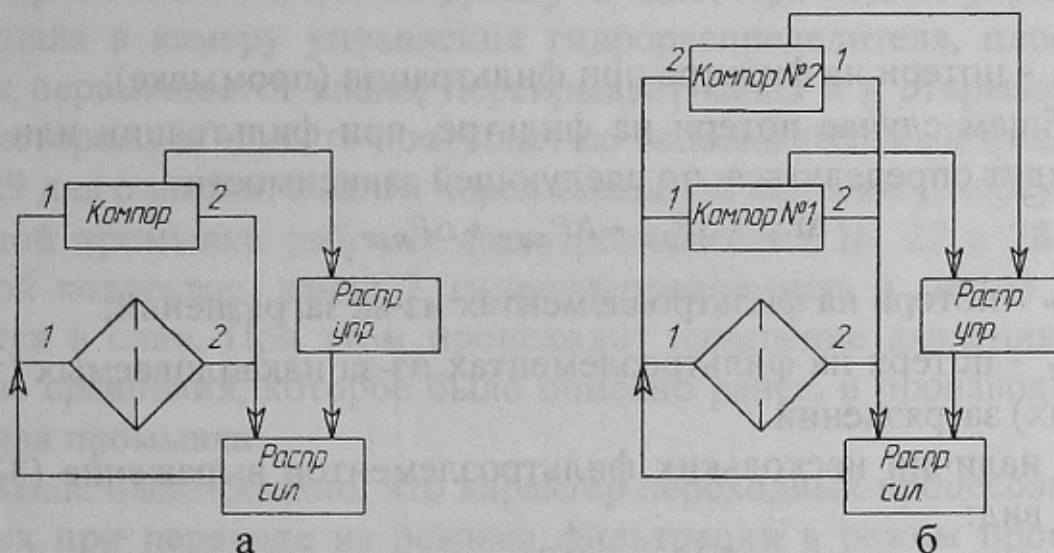


Рис. 3. Структурная схема работы гидрокомпаратора давлений при режиме импульсной (а) и квазистатической (б) промывки

При данной схеме дополнительно появляется еще один элемент сравнения и механизм фиксации управляющего распределителя, который с ним взаимодействует. Первый гидрокомпаратор является

нормально «открытым», второй – нормально «закрытым», при выполнении условия неравенства (1). С выполнением условия неравенства (2) первый элемент сравнения подает сигнал на промывку, и как было описано выше, при реверсе усилий возвращается в исходное положение. Но при этом управляющий распределитель остается во включенном (зафиксированном) положении, и процесс промывки продолжается. Критерием прекращения очистки фильтра является уменьшение перепада давления ΔP на фильтре до заданной величины (определенной соответствующими площадями и усилием пружины), что и отслеживает второй гидрокомпаратор, с последующим выключением (расфиксацией) управляющего распределителя.

К достоинствам описанной схемы следует отнести также четкость включения и отключения режима промывки, повышение ресурса всех подвижных деталей проточной части фильтра, хорошее качество промывки, возможность регулировки диапазона перепада давления. К недостаткам: усложнение конструкции, увеличение длительности промывки, увеличенный расход жидкости.

Качество промывки для одного фильтроэлемента можно представить в следующем виде:

$$\Delta P_{K\Phi} / \Delta P_{\Phi} \leq 1, \quad (3)$$

где $\Delta P_{K\Phi}$ - потери на фильтре из-за его конструктивных особенностей;

ΔP_{Φ} - потери на фильтре при фильтрации (промывке);

В общем случае потери на фильтре, при фильтрации или промывке, будут определяться по следующей зависимости:

$$\Delta P_{\Phi} = \Delta P_{K\Phi} + \Delta P_{ЗАГР} + \Delta P_{НАК}, \quad (4)$$

где $\Delta P_{ЗАГР}$ - потери на фильтроэлементах из-за загрязнений;

$\Delta P_{НАК}$ - потери на фильтроэлементах из-за накапливаемых (зараживающих) загрязнений.

При наличии нескольких фильтроэлементов выражение (3) будет иметь вид:

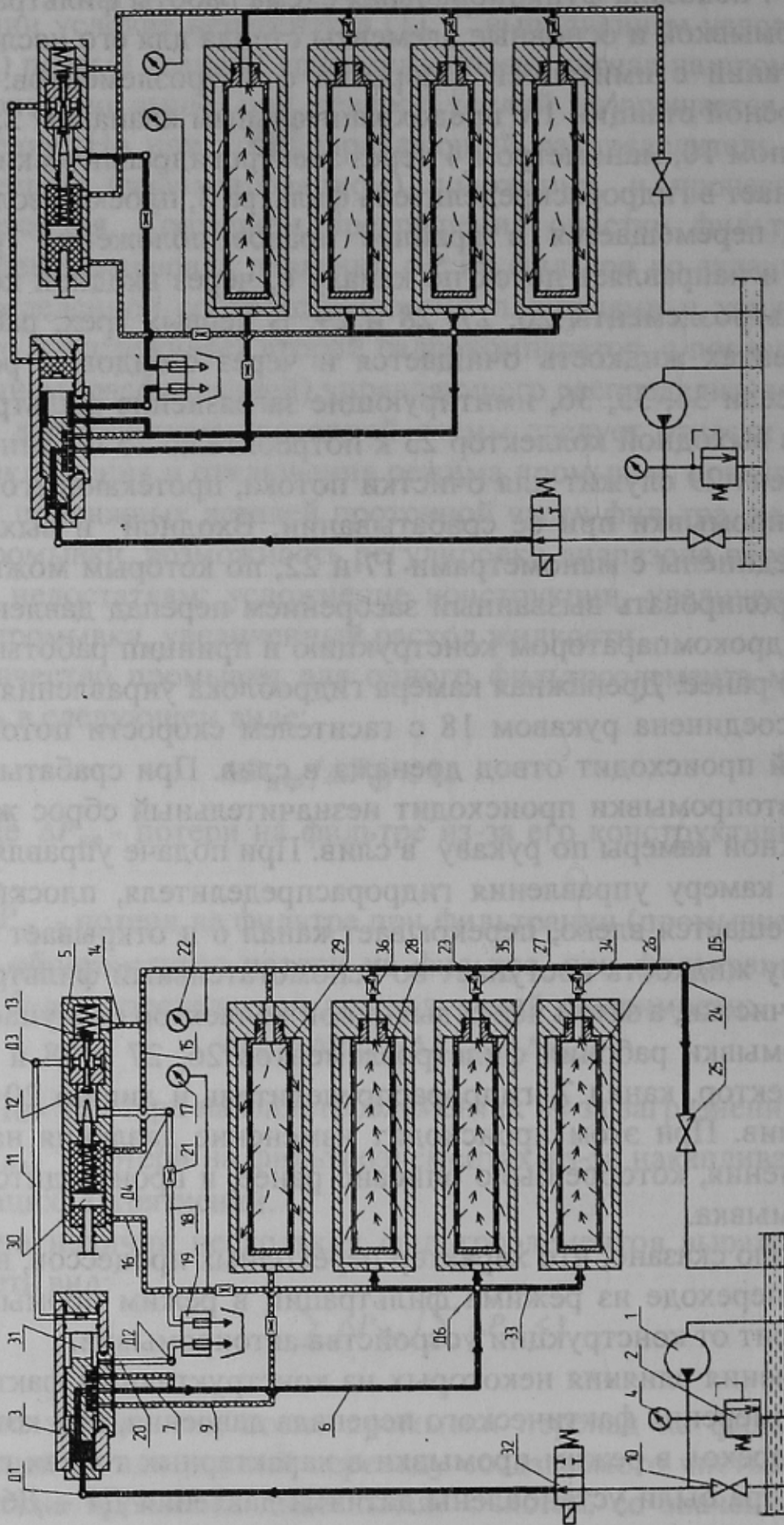
$$\sum \Delta P_{K\Phi} / \sum \Delta P_{\Phi} \leq 1 \quad (5)$$

Это значит что, после промывки перепад на фильтре должен быть близкий или равный перепаду создаваемого чистым фильтром, т.е. должна произойти «идеальная» очистка, со значением близким или равным 1.

На рис. 4 показана функциональная схема работы фильтра с импульсной промывкой и основные элементы стенда для его исследования и испытаний с имитацией засорения фильтроэлементов. Жидкость от насосной станции 1 с предохранительным клапаном 2, перепускным краном 10, манометром 4 через электрогидравлический клапан 32 поступает в гидрораспределитель фильтра 3, плоский золотник 31 которого перемещается в крайнее правое положение (режим фильтрации) и направляет поток по каналу 6, через входной коллектор 33 в фильтроэлементы 26, 27, 28 и 29. В первых трех, рабочих, фильтроэлементах жидкость очищается и через стендовые регулируемые дроссели 34, 35, 36, имитирующие загрязнение фильтра, поступает через выходной коллектор 23 к потребителю 25 по линии 24. Фильтроэлемент 29 служит для очистки потока, протекающего через систему автопромывки при ее срабатывании. Входной и выходной коллектор соединены с манометрами 17 и 22, по которым можно визуально контролировать вызванный засорением перепад давления на фильтре, и гидрокомпаратором конструкцию и принцип работы которого, описано ранее. Дренажная камера гидроблока управления через дроссель 21 соединена рукавом 18 с гасителем скорости потока 19, через который происходит отвод дренажа в слив. При срабатывании устройства автопромывки происходит незначительный сброс жидкости из дренажной камеры по рукаву в слив. При подаче управляющего сигнала в камеру управления гидрораспределителя, плоский золотник перемещается влево, перекрывает канал 6 и открывает канал 9, по которому жидкость поступает во вспомогательный фильтроэлемент 29 для очистки, а затем через выходной коллектор поступает для обратной промывки рабочих фильтроэлементов 26, 27 и 28 и через входной коллектор, канал 7, гидрораспределитель и линию 20 сбрасывается в слив. При этом происходит изменение давления на устройстве сравнения, которое было описано ранее, и производится импульсная промывка.

Выше было сказано, что характер переходных процессов, возникающих при переходе из режима фильтрации в режим промывки и обратно, зависит от конструкции устройства автопромывки.

Для изучения влияния некоторых из конструктивных факторов, а также для измерения фактического перепада давления, при котором происходит переход в режим промывки в характерных точках гидросистемы фильтра были установлены датчики давления Д1 – Д6 и записаны осциллограммы работы фильтра в различных режимах.



А - в режимі фільтрації

Б - в режимі автопромивки

По заштрихованим каналам жидкість протікає в режимі фільтрації; канали со значком «Х» являються командними; канали білого цвета працюють тільки при промивке

Рис. 4. Функціональна схема роботи фільтра:

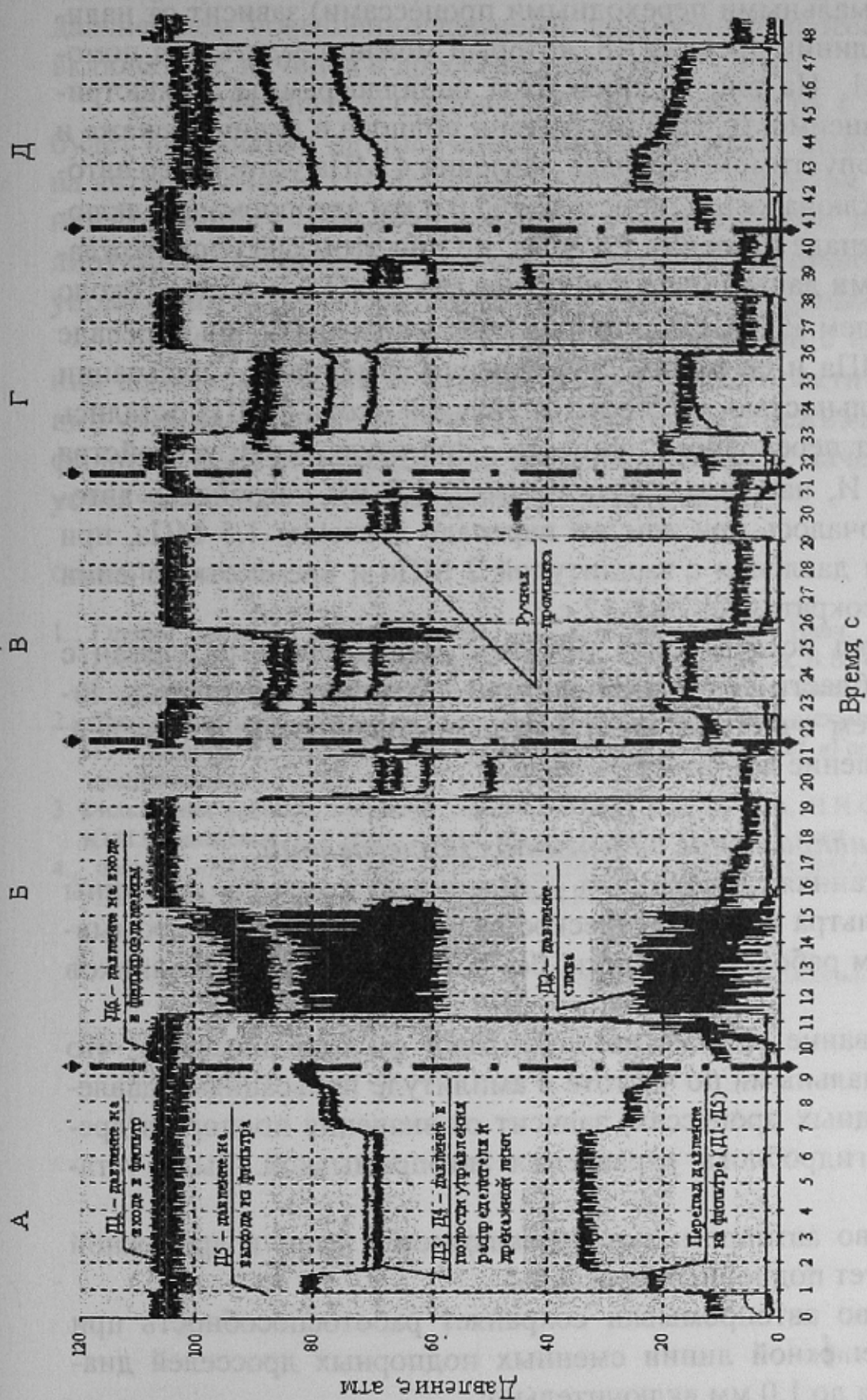


Рис. 5 Осциллограммы режимов работы фильтра:

А - без дросселя; Б - с дросселем $\varnothing 0,6$ мм, В - с дросселем $\varnothing 0,8$ мм, Г - с дросселем $\varnothing 1$ мм, Д - с дросселем $\varnothing 1,4$ мм

Было установлено, что стабильная работа устройства автопромывки (с минимальными переходными процессами) зависит от наличия подпора в линии дренажа 18, который можно создать при помощи дросселя 21. На рис. 5 приведены осциллограммы, иллюстрирующие эту зависимость. При отсутствии подпора в линии дренажа и максимально допустимом перепаде давления 4 МПа устройство автопромывки не включалось. С дросселем \varnothing 0,6 мм автопромывка включалась при перепаде давления 1,8 МПа, но при этом она сопровождалась пульсациями давления по амплитуде (до 2 МПа) и частоте около 13 Гц. С дросселем \varnothing 0,8 мм автопромывка включалась при перепаде давления 1,5 МПа и ее режим существенно изменился – пульсации давления длительностью \sim 0,5 с и амплитудой около 2 МПа остались только в момент переходного процесса – при отключении устройства автопромывки. И, наконец, с дросселем \varnothing 1,0 мм устройство автопромывки включалось при том же перепаде давления 1,5 МПа, при этом пульсации давления с амплитудой 2 МПа и время отключения автопромывки сократились до 0,12 с.

Второй этап исследования режимов работы фильтра связан с расширением области его применения по давлению в напорных линиях гидросистем очистных агрегатов и механизированных крепей, где рабочее давление достигает 32 МПа.

Выводы и направление дальнейших исследований.

1 Разработанная конструкция обеспечивает контроль величины загрязнения фильтра и автоматическое включение процесса промывки противотоком рабочей жидкости, без дополнительных источников энергии.

2 Исследование режима автопромывки фильтра показало, что работа (с минимальными по частоте и амплитуде пульсациями давления при переходных процессах) зависит от значения подпора в дренажной линии гидроблока управления автопромывкой. Было установлено, что:

- устройство автопромывки не включается, если в дренажной линии отсутствует подпорный дроссель;
- устройство автопромывки сохраняет работоспособность при установке в дренажной линии сменных подпорных дросселей диаметром от 0,6 мм до 1,0 мм включительно;

- устройство автопромывки начинает работать неустойчиво при дальнейшем повышении диаметра подпорного дросселя и перестает включаться, начиная с дросселя диаметром 1,4 мм.

3 Дальнейшее исследование работы фильтра с автопромывкой будет направлено на получение математической зависимости качества автопромывки, как функции от перепада давления, подпора в дренажной линии, пульсаций давления в гидросистеме, наличия аккумуляющих устройств, поведения деталей проточной части блока управления в режиме автопромывки и при переходных процессах.

4. Необходимость проведения исследований с целью определения возможной области применения, а также практической реализации схемного решения для квазистатического режима автопромывки фильтра, в части определения ресурса элементов, качества промывки, устойчивости режима контроля и срабатывания.

Список источников.

1. Гірничі машини для підземного видобування вугілля: Навч. посіб. для вузів / П.А.Горбатов, Г.В. Петрушкін, М.М. Лисенко, С.В. Павленко, В.В. Косарев; Під заг. ред П.А.Горбатова. -2е вид. перероб. и доп. – Донецьк: Норд Комп'ютер, 2006.- 669с.:іл..
2. Фильтрационные установки для замкнутых гидросистем механизированной крепи./ Н.И.Стадник, Ю.И.Варшавский, Ю.Н.Кирилук, С.В.Никитин// «Горное оборудование и электротехника».- 2006.- №2.
3. Фильтрация рабочей жидкости горных машин./ В.В.Косарев, Н.И.Стадник, В.А.Мизин, Ю.И.Варшавский, Н.Т.Железняков// «Уголь Украины».- 2007.- март.
4. Фирма «AMIAD FILTRATION SYSTEMS». Каталог. «AMIAD-Украина», 69001, г.Запорожье, ул. Победы,2. Тел./факс (061) 213-33-99.

Дата поступления статьи в редакцию: 23.04.07