

САМООЧИСНИЙ ФІЛЬТР ДЛЯ ЗАМКНУТИХ ГІДРОСИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ

Розглядається питання підвищення надійності та довговічності роботи гідроагрегатів замкнених гідросистем сільськогосподарського обладнання, за рахунок більш якісної очистки робочої рідини фільтраційними установками. Запропоновано конструкцію самоочисного фільтра з гідравлічною автоматикою керування зворотним промиванням щільних фільтраційних елементів противотечею робочої рідини.

Розроблено спеціальний стенд для імітаційного моделювання роботи самоочисного фільтра замкнених гідросистем сільськогосподарського обладнання. Експериментальні дослідження на спеціальному стенді підтвердили працездатність запропонованої конструкції та дозволили виявити її основні переваги у порівнянні з вітчизняними та закордонними аналогами.

На основі аналізу перехідних процесів з підвищеною пульсацією тиску сільськогосподарського обладнання замкнутого гідравлічного привода встановлено фактичний перепад тисків, при якому спрацьовує автоматичне промивання, у порівнянні з розрахунковим, у якому неможливо було врахувати такі реальні фактори, як тертя в ущільнювальних вузлах, характеристику пружин, перекози, герметичність клапанних пар, коливання розмірних ланцюгів.

Визначено найбільш оптимальний режим роботи обладнання автопромивки при діаметрі дротеля 1,0 мм. Спрацювання обладнання автопромивки відбувалося при перепаді тиску 1,5 МПа (15 атм) та покращеному режимі – пульсації тиску з амплітудою 2 МПа (20 атм) при відключенні автопромивки скоротилися за часом до 0,12 с.

Зазначено, що розроблений самоочисний фільтр для замкнених гідросистем сільськогосподарського обладнання дозволить підвищити надійність та збільшити ресурс напрацювання елементів гідроагрегатів та самої машини в цілому.

Ключові слова: гідропривод, робоча рідина, механічні частинки, робочий процес, гідророзподільник, тиск, фільтр, дротель, дослідний стенд, надійність, ресурс.

M. STADNIK, A. VIDMYSH, S. SHARGORODSKIY, V. RUTKEVYCH
Vinnytsia National Agrarian University

SELF-CLEANING FILTER FOR CLOSED HYDROSYSTEMS OF AGRICULTURAL EQUIPMENT

The issue of increasing the reliability and durability of hydraulic units of closed hydraulic systems of agricultural equipment is considered, due to better cleaning of the working fluid by filtration units. The design of a self-cleaning filter with hydraulic automatic control of backwashing of slotted filtration elements with a counterflow of the working fluid is proposed.

A special stand has been developed for simulating the operation of a self-cleaning filter of closed hydraulic systems of agricultural equipment. Experimental studies on a special stand confirmed the efficiency of the proposed design and made it possible to identify its main advantages in comparison with domestic and foreign counterparts.

Based on the analysis of transient processes with increased pressure pulsation of agricultural equipment of a closed hydraulic drive, the actual pressure drop at which automatic flushing is triggered was established, compared with the calculated one, in which it was impossible to take into account such real factors as friction in the sealing units, the characteristics of the springs, distortions, tightness of valve pairs, fluctuations in dimensional chains.

The most optimal operating mode of auto-washing equipment with a choke diameter of 1.0 mm has been determined. The auto-washing equipment was switched on at a pressure drop of 1.5 MPa (15 atm) and in an improved mode - pressure pulsations with an amplitude of 2 MPa (20 atm) when the auto-wash was turned off decreased in time to 0.12 s.

It is noted that the developed self-cleaning filter for closed hydraulic systems of agricultural equipment will improve the reliability and increase the service life of the elements of hydraulic units and the machine itself as a whole.

Key words: hydraulic drive, working fluid, mechanical particles, working process, hydraulic distributor, pressure, filter, throttle, test bench, reliability, resource.

Постановка проблеми

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу України домогтися рентабельності сільськогосподарського виробництва можливо лише при високоефективному використанні техніки та обладнання. Але більшість сільськогосподарських підприємств знаходяться у складній економічній ситуації, у зв'язку з чим їх матеріально-технічна база практично не оновлюється. Тому ефективність проведення сільськогосподарських робіт залежить від технічного стану наявного сільськогосподарського обладнання, працездатності його вузлів і агрегатів, серед яких важливу роль відіграє гідравлічне обладнання [1].

Гідравлічні приводи отримали широке поширення в різних областях техніки, в тому числі і для забезпечення функціонування робочих органів сільськогосподарських машин та обладнання. Поширенню гідравлічного привода сприяють суттєві переваги: більш низькі енерговитрати у порівнянні з іншими типами приводів, можливості передачі значних зусиль з високим передаточним відношенням, забезпечення безступінчастої роботи, зниження інерційності системи, зменшення ваги і габаритних розмірів агрегатів, спрощення їх конструкції, надійний захист від перевантаження [1, 2].

Сучасний гідравлічний привод, що застосовується у сільськогосподарській техніці вимагає підвищених вимог до експлуатаційних показників масел, що використовуються в якості робочої рідини

гідравлічних систем. Саме від чистоти робочої рідини в значній мірі залежить надійність роботи гідравлічної системи і працездатність машини в цілому. Але на сьогодні існує нагальна проблема у підвищенні ефективності очищення робочої рідини в процесі експлуатації сільськогосподарської техніки та створенні нових конструкцій фільтрів та фільтраційних елементів, які б дозволили підвищити ступінь очистки робочої рідини. Тому теоретичне обґрунтування та експериментальне підтвердження можливості застосування нових конструкцій самоочисних фільтрів з автоматичною промивкою противотечею робочої рідини в замкнутих гідросистемах сільськогосподарського обладнання є актуальним завданням.

Аналіз останніх джерел

Велика частина техніки, яка застосовується для виробництва сільськогосподарської продукції, використовує моторні масла, ресурс роботи яких обмежений, тому що заміна проводиться через нормативний термін. Сільськогосподарські підприємства відчувають дефіцит масел для різних агрегатів і систем машин, через високу вартість і витрат на технічне обслуговування [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій щодо впливу забруднення робочої рідини на функціонування гідравлічних систем сільськогосподарської техніки показав, що недостатня ступінь чистоти робочої рідини є одним з основних факторів, який впливає на надійність і безвідмовність функціонування гідравлічних систем, справність, тривалий термін її роботи та зменшення трудовитрат на її обслуговування. Порушення працездатного стану замкнутих гідравлічних систем сільськогосподарського обладнання через збільшення забрудненості механічними домішками робочих рідин складає 20–75 % всіх відмов, та зменшення ресурсу у 1,5–10 разів [4].

Робочі рідини, що використовуються в гідравлічних системах, повинні відповідати ряду експлуатаційним вимогам, від яких залежать робочі параметри, ресурс роботи та надійність гідравлічних систем. Оскільки робочої рідини універсального використання поки ще не створили, в кожному конкретному випадку необхідно враховувати комплекс таких властивостей рідини, які максимально відповідають конструкції гідравлічної системи, умовам її роботи експлуатації, вимогам до надійності та інше. Але є показник, який у рівні мірі відноситься практично до всіх робочих рідин, таким показником є чистота робочої рідини [2, 3].

Процес забруднення робочої рідини відбувається під час її виробництва, транспортування, зберігання та використання [5]. Серед сучасних методів очистки робочої рідини найбільш ефективним методом очистки в гідравлічних системах є фільтрування, що полягає у усуненні механічних домішок фільтраційними елементами різної конструкції [3]. До недоліків фільтраційних установок належить необхідність в періодичній заміні фільтроелементів, обмежений термін служби, економічний аспект, можливість внесення забруднень в гідросистему та інше.

Дослідженню процесів фільтрування робочих рідин і створення відповідного обладнання присвячені роботи В.І. Алешина, В.І. Барішева, Г.Ф. Большакова, В.А. Жужикова, В.П. Коваленка, В.В. Лебедева, С.В. Мочаліна, З.Я. Лур'є, Д.А. Сьоміна, З.Л. Фінкельштейна, Є.І. Удлера та інших вчених [3, 6–9]. Експериментальні та теоретичні дослідження були направлені на підвищення тонкості фільтрування, в тому числі досліджувалась гідродинаміка течії, теплообмін, гідравлічні втрати, режими роботи пристрою, рух механічних частинок та інші елементи, які впливають на процес очищення робочої рідини в замкнених гідросистемах сільськогосподарського обладнання [8, 9]. На основі даних робіт [2, 7, 9] сформовані вимоги до фільтраційних матеріалів для очистки робочої рідини, а також запропонована класифікація даних матеріалів.

Вище перераховані вчені внесли великий вклад в теоретичне та практичне дослідження по очищенню робочої рідини від механічних забруднень. Але на сучасному етапі недостатньо вивчені питання по видаленню з робочої рідини механічних домішок шляхом фільтрації. Низька пропускну здатність суттєво ускладнює процес фільтрації робочої рідини. Існуючі установки для очищення робочої рідини складні по конструкції, мають недостатню продуктивність, а всі спроби по відновленню функціональних можливостей призводять до підвищення енерговитрат, трудовитрат та витрат спеціальних хімічних речовин, що суттєво удорожує експлуатацію гідравлічного привода. Низька брудомісткість та відсутність автоматичної системи самоочистки фільтраційних установок також суттєво погіршує умови експлуатації даних приводів. У зв'язку з чим, очевидно, що подальші теоретичні та практичні дослідження, направлені на пошук надійного способу очистки робочих рідин, збільшення їх ресурсу та роботи.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу очищення робочої рідини замкнених гідравлічних систем сільськогосподарського обладнання від механічних домішок самоочисним фільтром з гідравлічною автоматикою керування зворотним промиванням щільних фільтраційних елементів противотечею робочої рідини.

Виклад основного матеріалу

У експериментальних дослідженнях [10] була встановлена періодичність промивання фільтраційної установки, яка повинна проводитись не рідше двох раз на місяць, а у випадку вповільнення виконання операцій – негайно. Зазначено, що порушення прийнятої періодичності може призвести до підвищення різниці тиску й деформації фільтраційного елемента.

Разом з тим такі фільтраційні елементи не втрачають працездатності завдяки пластичності щільноутворюючого дроту (рис. 1 і 2). Для порівняння, на рис. 3 показаний секційний фільтр фірми «ОНЕ» (Німеччина), який виготовлений із твердого щільноутворюючого дроту й через несвоєчасне промивання

вийшов з ладу.



Рис. 1. Фільтраційний елемент фільтра Ф12



Рис. 2. Деформований фільтраційний елемент фільтра Ф12



Рис. 3. Ушкоджений фільтраційний елемент фірми «ОНЕ»

Після проведення експериментальних досліджень автори [11] змушені були внести корективи у конструкторську документацію фільтраційного елемента, а саме конструкція фільтраційного елемента була зсередини посилена каркасом і введене друге виконання на Ду 20. Основні параметри й розміри даних фільтрів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Основні параметри й розміри фільтрів

Найменування параметра та одиниці вимірювання	Значення	
	Ф12	Ф20
Умовний прохід (довідковий), мм	12	20
Тиск номінальний, МПа	32	40
Витрата номінальна, л/хв	80	150
Тонкість фільтрації номінальна, мм	0,05	
Перепад тисків, МПа, не більше	4	
Допустимий перепад тиску при забрудненні фільтра, МПа, не більше	7	
Габаритні розміри, мм:		
- довжина	125	160
- діаметр	36	40
Вага, кг	0,5	0,9

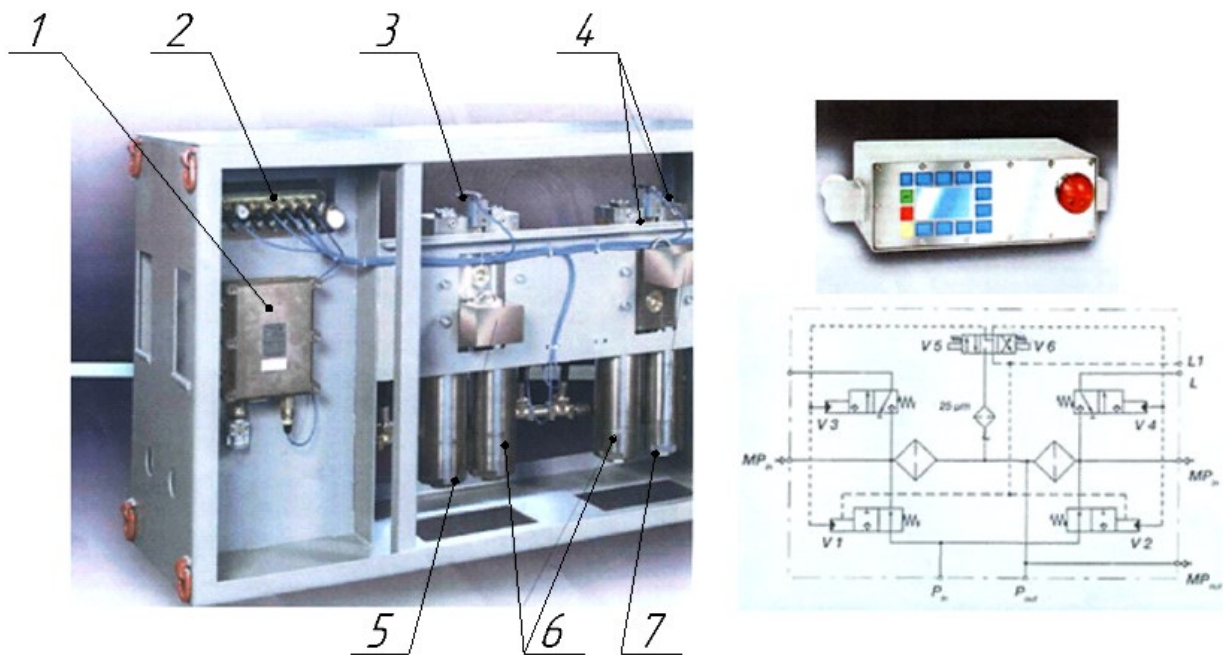
З метою мінімізації ручних робіт з технічного обслуговування фільтраційних установок на сільськогосподарських підприємствах, ряд відомих західних фірм випускає значний типорозмірний ряд фільтрів з автоматичним промиванням (самоочисткою поверхні фільтрувального елемента від «фільтрувального пирога»). Залежно від напрямку фільтраційного потоку утворення «фільтрувального пирога» відбувається або на зовнішній, або на внутрішній стороні фільтраційного елемента, а його змив і

видалення за межі фільтра проводиться автоматичним включенням протivotечії фільтраційної рідини. Представлені конструкції, у яких автоматичне видалення «фільтрувального пирога» із внутрішньої поверхні фільтраційного елемента здійснюється обертовими щітками з наступним змивом [9].

У всіх випадках процес автоматичного промивання (самоочистки) починається по досягненню заданого перепаду тиску (тобто різниці тисків між забрудненою та чистою стороною фільтраційного елемента), або після закінчення заданого проміжку часу. У більшості випадків контроль цих параметрів здійснюють електричні датчики тиску або таймери, що посилають сигнали на включення-відключення виконавчих апаратів автопромивки. Залежно від обсягів фільтраційного потоку, площі фільтрації, вмісту шкідливих домішок, щільності «фільтрувального пирога», робочого тиску цикл промивання може тривати від 1-2 з до 10-15 с [12].

Для сільськогосподарської галузі найбільш близькими аналогами можуть стати фільтри автопромивки фірм «SEEBACH» і «TIEFENBACH» (Німеччина), що відповідають пропонованим вимогам по параметрах.

Разом з тим, загальним недоліком таких фільтрів є необхідність у додатковому (зовнішньому) джерелі енергії, у цьому випадку – електричному. З аналізу закордонної інформації (рис. 4) видно наскільки це ускладнює, здорожує і робить керуючу електрогідравліку безпосередньо фільтра чутливими до забруднень.



1 – блок живлення; 2 – блок керування; 3 – електромагнітний клапан попереднього керування; 4 – перемикаючий клапан; 5 – вихідний фланець; 6 – труба фільтраційного елемента; 7 – вхідний фланець

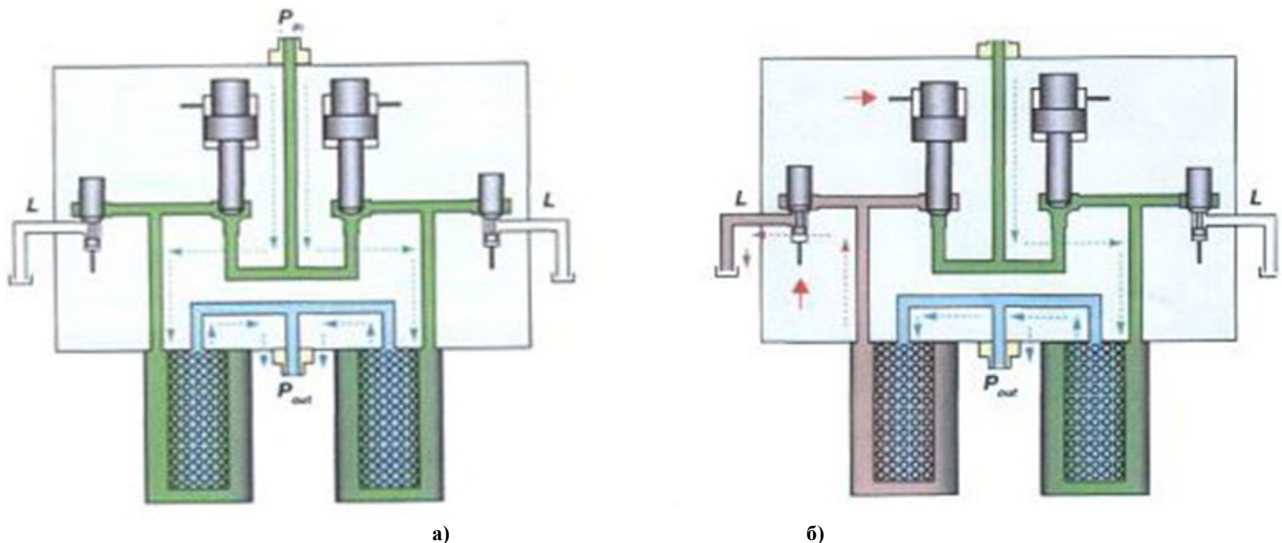


Рис. 4. Автоматичний фільтр зворотного промивання фірми «TIEFENBACH»: а) фільтрація, б) промивання

фільтрувальне устаткування, як вітчизняних виробників так і закордонних, серед яких слід виділити Селтон, Parker Filtration, Ariana, British Filters Limited, Filter Paks, Servi, Stanadyne Corporation, Mahle, Hydac, Donaldson Company та Filtrec. Фільтраційні елементи та фільтраційне устаткування даних фірм досить затребуваний на ринку сільськогосподарського машинобудування України. Слід зазначити, що на ринку фільтраційного обладнання України представлено обладнання досить з високою тонкістю фільтрування (до 0,5 мікрметрів) [12].

Перспективною тенденцією, що спостерігається на ринку фільтраційних елементів та фільтраційних установок сільськогосподарського обладнання є застосування фільтраційних елементів, конструкційні рішення яких дозволяють виконувати довготривале безперервне відновлення фільтрувального елемента без зупинення робочого процесу в гідросистемі і безпосередньо фільтрування.

Основні результати досліджень

Для вирішення проблеми очищення робочої рідин універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача (рис. 5) запропоновано самоочисний фільтр з чисто гідравлічною автоматикою керування зворотним промиванням щільних фільтрувальних елементів противотечією робочої рідини, конструкція якого суттєво простіша та дешевша вищеписаної [13]. Основні параметри фільтра наведено в табл. 2.



Рис. 5. Універсальний гідравлічний автомобілерозвантажувач

Таблиця 2

Основні параметри та розміри фільтра

Найменування параметра та одиниці вимірювання	Значення
Умовний прохід (довідковий), мм	20
Витрата номінальна, л/хв	200
Тиск номінальний, МПа	32
Перепад тисків, МПа	4
Тонкість фільтрації номінальна, мм	0,05
Габаритні розміри, мм	
- довжина	1000
- ширина	450
- висота	400
Вага, кг	190

Гідравлічну схему самоочисного фільтра показано на рис. 6. Самоочисний фільтр складається з гідравлічного блоку 1, у якому встановлено чотири фільтраційних елемента 2, що закриті стаканами. До блоку приєднано гідроблок керування 3, до складу якого входять дві конічні клапанні пари і гідророзподільник 4 з плоским золотником, гідравлічно зв'язані між собою каналами в блоці. Гідроблок керування має рукоятку 5 для дублюючого ручного керування (при необхідності). Зворотний клапан 6 призначений для відсічення гідросистеми кріплення при промиванні фільтра.

По рукавах 7 і 8 з сповільнювачами швидкісного потоку струменів відбувається скидання при промиванні забруднень із гідророзподільника та дренажу з гідроблоку керування. Вхід у фільтр рідини від одного або двох джерел відбувається через колектор 9, а вихід – через один або два кульові крани (для одного або двох споживачів). Самоочисний фільтр встановлено на рамі (на схемі не показано). Очищення

включається періодично в міру забруднення фільтраційних елементів і підвищення перепаду тисків до величини налаштування автопромивки, яку можна контролювати візуально по манометрах 10, установлених на вході й виході.

Були проведені попередні випробування на спеціальному стенді, де досліджувалися режими роботи, насамперед, вузлів гідравтоматики, від яких залежить працездатність і надійність фільтра в цілому. Важливо було встановити фактичний перепад тисків, за якого спрацьовує автоматичне промивання, у порівнянні з розрахунковим, у якому неможливо було врахувати такі реальні фактори, як тертя в ущільнювальних вузлах, характеристика пружин, перекоси, герметичність клапанних пар, коливання розмірних ланцюгів і, нарешті, неминучі перехідні процеси з підвищеною пульсацією тиску обладнання, що залежать від конструкції, автопромивки, що й впливають на ресурс.

На рис. 7 показана функціональна схема роботи самоочисного фільтра й основні елементи стенда для його дослідження та випробувань з імітацією засмічення фільтраційних елементів.

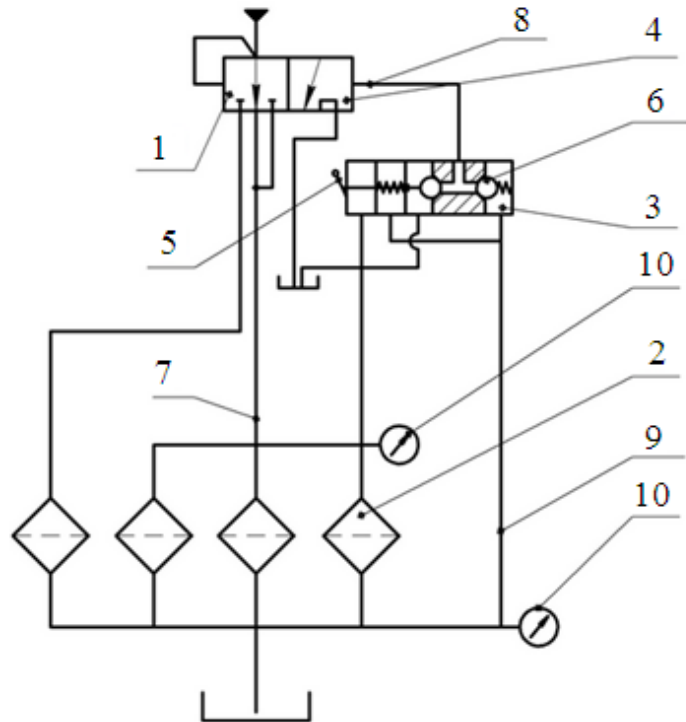


Рис. 6. Гідравлічна схема самоочисного фільтра:
1 – гідравлічний блок; 2 – фільтраційний елемент; 3 – гідроблок керування; 4 – гідророзподільник; 5 – рукоятка; 6 – зворотний клапан; 7, 8 – рукава; 9 – колектор; 10 – манометри

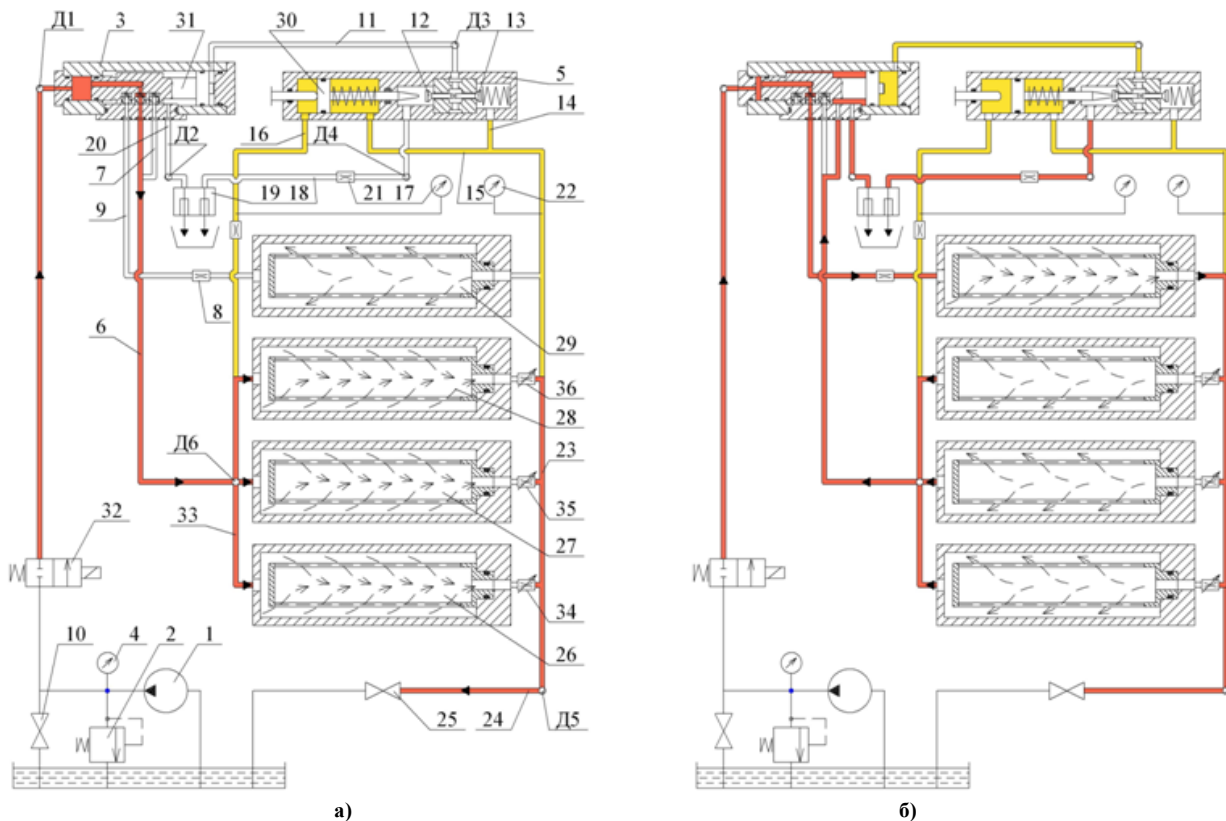


Рис. 7. Функціональна схема роботи самоочисного фільтра на дослідному стенді: а) фільтрація; б) автопромивка

По каналах червоного кольору рідина протікає; канали жовтого кольору є командними; канали білого кольору працюють тільки при промиванні. Вода від насосної станції 1 із запобіжним клапаном 2, пропускним краном 10, манометром 4 через електрогідравлічний клапан 32 надходить у гідророзподільник

фільтра 3, плоский золотник 31 якого переміщається в крайнє праве положення (режим фільтрації) і направляє потік рідини по каналу 6, через вхідний колектор 33 до фільтраційних елементів 26, 27, 28 і 29. У фільтраційних елементах 26, 27, 28 рідина очищається і через стендові регульовані дроселі 34, 35, 36, що імітують забруднення фільтра, надходить через вихідний колектор 23 до споживача 25 по рукавові 24. Фільтраційний елемент 29 призначений для очищення потоку, що протікає через систему автопромивки при її спрацьовуванні. Вхідний колектор з'єднаний каналом 16 з поршневою порожниною штовахача 30 з диференціальним поршнем і регульованою пружиною гідроблоку керування 5; вихідний колектор каналами 15 і 14 – зі штоковою порожниною штовахача і порожниною підпружиненого напірного клапана 13, який у режимі фільтрації закритий. Нормально відкритий дренажний клапан 12 може взаємодіяти з штоком штовахача в дренажній камері й своїм хвостовиком – з хвостовиком нормально закритого напірного клапана, розташованого співвісно з дренажним у загальному для обох клапанів корпусі. Каналом 11 корпус з'єднаний з порожниною керування плоского золотника гідророзподільника.

Дренажна камера гідроблоку керування через дросель 21 з'єднана рукавом 18 з сповільнювачами швидкості потоку 19, через який відбувається відвід дренажу в злив. На вхідному й вихідному колекторах установлені манометри 17 і 22, по яких можна візуально контролювати викликаний засміченням перепад тиску на фільтрі. Плавним перекриттям регульованих дроселів досягається значення перепаду тиску, що визначається різницею площ поршневої і штокової порожнини штовахача та настроюванням пружини для спрацьовування автопромивки; штовахач 30 переміщається вправо, закриває дренажний клапан, який при цьому відкриває напірний клапан. Спрацьовуванню обладнання автопромивки передують незначне скидання рідини із дренажної камери по рукавові 18 у злив. Через відкритий напірний клапан рідина по каналу 11 надходить у камеру керування гідророзподільника, плоский золотник переміщається вліво, перекриває канал 6 і відкриває канал 9, по якому рідина надходить у допоміжний фільтраційний елемент 29 для очищення, а потім, через вихідний колектор, надходить для зворотного промивання робочих фільтраційних елементів 26, 27 і 28 і через вхідний колектор, канал 7, гідророзподільник і рукав 20 скидається в злив.

Вище було сказано, що характер перехідних процесів, що виникають при переході з режиму фільтрації в режим промивання й назад, залежить від конструкції обладнання автопромивки.

Для вивчення впливу деяких з конструктивних факторів, а також для виміру фактичного перепаду тиску, при якому відбувається перехід у режим промивання, у характерних точках фільтра були встановлені датчики тиску $D_1 - D_6$ і записані осцилограми роботи фільтра в різних режимах. Було встановлено, що стабільна робота обладнання автопромивки (з мінімальними перехідними процесами) залежить від наявності підпору в лінії дренажу 18, який можна створити за допомогою дроселя 21. На рис. 8 наведені осцилограми, що ілюструють цю залежність. При відсутності підпору в лінії дренажу й максимально припустимому перепаді тиску 4 МПа (40 атм) обладнання автопромивки не включалося. З дроселем (0,6 мм автопромивка включалася при перепаді тиску 1,8 МПа (18 атм), але при цьому вона супроводжувалася значними пульсаціями тиску по амплітуді до 2 МПа (20 атм) і частоті, які негативно впливають на надійність деталей проточної частини апаратів.

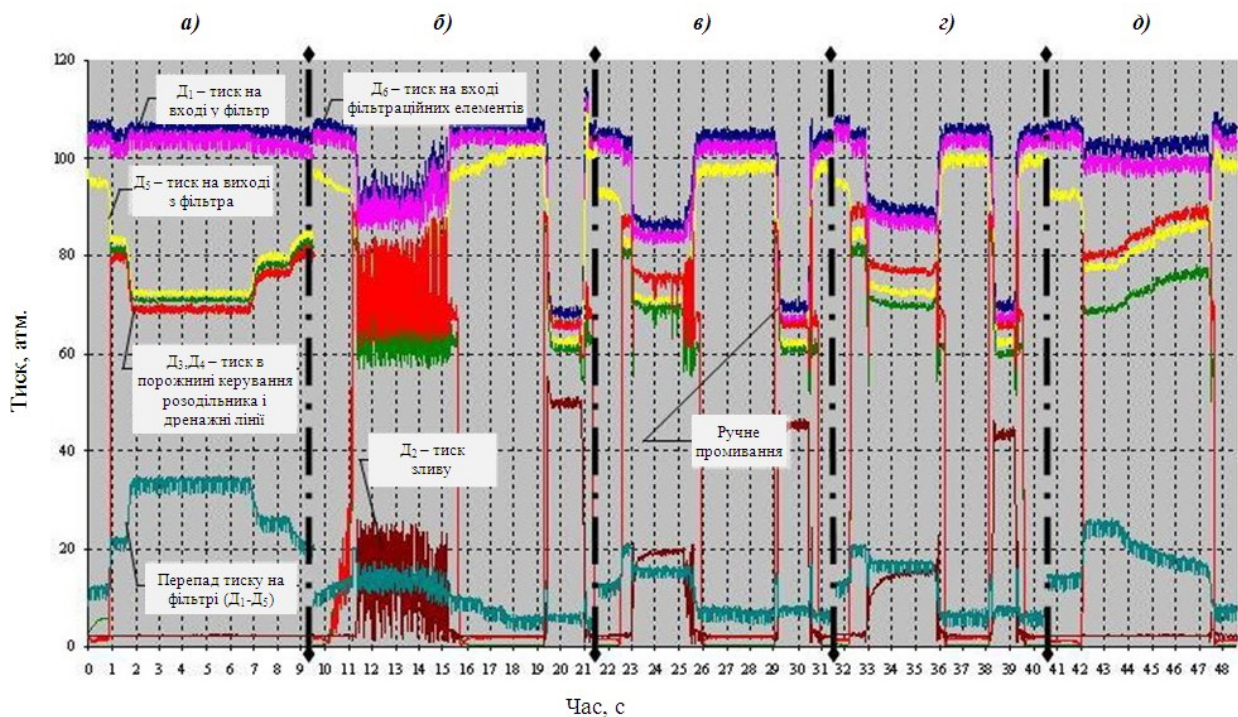


Рис. 8. Осцилограма роботи самоочисного фільтра:
 а) без дроселя; б) з дроселем \varnothing 0,6 мм; в) з дроселем \varnothing 0,8 мм;
 г) з дроселем \varnothing 1 мм; д) з дроселем \varnothing 0,14 мм

З дроселем \varnothing 0,8 мм обладнання автопромивки включалося при перепаді тиску 1,5 МПа (15 атм) і її режим суттєво покращився – пульсації тиску тривалістю \sim 0,5 і амплітудою близько 2 МПа (20 атм) залишилися тільки в момент перехідного процесу – при відключенні обладнання автопромивки.

З дроселем \varnothing 1,0 мм обладнання автопромивки включалося при тому ж перепаді тиску 1,5 МПа (15 атм), а режим її роботи став ще більш сприятливий – пульсації тиску з амплітудою 2 МПа (20 атм) при відключенні автопромивки скоротилися за часом до 0,12 с.

Режим роботи при дроселі 1,0 мм був найбільш оптимальним, оскільки при подальшому збільшенні діаметра дроселя режим почав погіршуватися і з дроселем 1,4 мм обладнання автопромивки припинило включатися.

Висновки та пропозиції

На основі аналізу існуючих конструкцій фільтраційних установок та фільтраційних елементів розроблено самоочисний фільтр з гідравлічною автоматикою керування зворотним промиванням щільних фільтраційних елементів протитечею робочої рідини, конструкція якого суттєво простіша та дешевша за вітчизняні та закордонні аналоги.

Встановлено фактичний перепад тисків, при якому спрацьовує автоматичне промивання, у порівнянні з розрахунковим, у якому неможливо було врахувати такі реальні фактори, як тертя в ущільнювальних вузлах, характеристику пружин, перекося, герметичність клапанних пар, коливання розмірних ланцюгів. А також проаналізовано перехідні процеси з підвищеною пульсацією тиску обладнання, що залежать від конструкції, автопромивки.

Імітаційне моделювання роботи фільтра на спеціальному стенді дозволило підтвердити працездатність запропонованої конструкції та виявити її переваги.

Найбільш оптимальний режим роботи обладнання автопромивки спостерігався при діаметрі дроселя 1,0 мм. Розроблена конструкція самоочисного фільтра дозволить підвищити працездатність та надійність не лише фільтра а й усіх вузлів гідроавтоматики та збільшити їх ресурс.

Література

1. Иванов М.И. Повышение эксплуатационной эффективности блочно-порционного вивантажувача консервованих кормів шляхом гідрофікації привода робочих органів / М.И. Иванов, С.А. Шаргородський, В.С. Руткевич // Промислова гідравліка і пневматика. – 2013. – № 1(39). – С. 91–96.
2. Фінкельштейн З.Л. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навч. посіб. / Фінкельштейн З.Л., Андренко П.М., Дмитрієнко О.В. – Харків : Видавничий центр. НТУ “ХП” – 2014. – 308 с.
3. Мочалин Е.В. Проблемы промышленной очистки жидкостей от механических загрязнений и применение ротационных фильтров / Е.В. Мочалин, А.А. Халатов // Промышленная теплотехника. – 2009. – Т. 31. – № 2. – С. 57–69.
4. Ащеулов А.В. Анализ интенсивности отказов гидравлического оборудования / А.В. Ащеулов // Гидравлика пневматика приводы. – 2010. – № 1(3). – С. 8–12.
5. Рыбаков К.В. Пути совершенствования систем обеспечения чистоты нефтепродуктов на складах агропромышленных предприятий / К.В. Рыбаков, В.П. Коваленко, В.А. Борзенко // Энерготехнические средства сельскохозяйственного назначения и их технические системы. – Москва : Сборник научных трудов МИИСП. – 1989. – Т. 2, № 2. – С. 68–75.
6. Лурье З. Я. Исследование рабочего процесса мехатронного гидроагрегата системы смазки металлургического оборудования с учетом характеристик двухфазной жидкости / З. Я. Лурье, И. М. Федоренко // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2010. – Vol. 12. – С. 10–25.
7. Сёмин Д. А. Влияние типа и размера расчетных сеток на точность расчета течений в вихрекамерных нагнетателях / Д.А. Сёмин, А.С. Роговой // Вісник Національного технічного університету ХП. Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – 2016. – №. 41. – С. 70–77.
8. Фінкельштейн З.Л. Снижение загрязненности водных ресурсов за счет применения гидродинамических фильтров / З.Л. Фінкельштейн, Л.Н. Бойко // Промислова гідравліка і пневматика. – 2003. – № 2. – С. 28–32.
9. Удлер Э.И. Средства фильтрации для мобильных машин и механизмов, эксплуатируемых при пониженных температурах / Э.И. Удлер, М.В. Кадочникова // Тез. докл. международной конференции, Тюмень, 1996.
10. Стадник Н.И. Фильтрационные установки для замкнутых гидросистем механизированной крепи / Н.И. Стадник, Ю.И. Варшавський, Ю.И. Кирилук [та ін.] // Горное оборудование и электротехника. – 2006. – № 2. – С. 13–15.
11. Пат. 36727 України: МПК (2007), E21D23/16, B01D29/48. Фильтроэлемент щелевого типа. 2008 05122 ; заявл. 21.04.08 ; опубл. 10.11.08, Бюл. № 21. 4 с.
12. Пат. № 12200 України, МПК (2006), F02D 23/00, B01D 27/00. Фильтр. 2005 08234 ; заявл. 22.08.05 ; опубл. 16.01.06, Бюл. № 1. 6 с.

13. Гунько І.В. Комплексна система фільтрації для замкнутих гідросистем сільськогосподарського обладнання / І.В. Гунько, М.І. Стаднік, В.С. Руткевич // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2021. – № 4(112). – С. 113–125.

References

1. Ivanov M.I. Pidvyshchennia ekspluatatsiinoi efektyvnosti blochno-portsiinoho vyvantazhuvacha konservovanykh kormiv shliakhom hidrofikatsii pryvoda robochykh orhaniv / M.I. Ivanov, S.A. Sharhorodskyi, V.S. Rutkevych // Promyslova hidravlika i pnevmatyka. – 2013. – № 1(39). – С. 91–96.
2. Finkelshtein Z.L. Ekspluatatsiia, obsluhovuvannia ta nadiinist hidravlichnykh mashyn i hidropryvodiv : navch. posib. / Finkelshtein Z.L., Andrenko P.M., Dmytriienko O.V. – Kharkiv : Vydavnychiy tsentr. NTU “KhPI”– 2014. – 308 s.
3. Mochalin E.V. Problemy promyshlennoy ochistki zhidkostey ot mehanicheskikh zagryaznenij i primenenie rotatsionnykh filtrov / E.V. Mochalin, A.A. Halatov // Promyshlennaya teplotehnika. – 2009. – Т. 31. – № 2. – С. 57–69.
4. Asheulov A.V. Analiz intensivnosti otkazov gidravlicheskogo oborudovaniya / A.V. Asheulov // Hidravlika pnevmatika privody. – 2010. – № 1(3). – С. 8–12.
5. Rybakov K.V. Puti sovershenstvovaniya sistem obespecheniya chistoty nefteproduktov na skladah agropromyshlennykh predpriyatij / K.V. Rybakov, V.P. Kovalenko, V.A. Borzenko // Energotehnicheskie sredstva sel'skohozyajstvennogo naznacheniya i ih tehniczeskie sistemy. – Moskva : Sbornik nauchnykh trudov MIISP. – 1989. – Т. 2, № 2. – С. 68–75.
6. Lurye Z. Ya. Issledovanie rabocheho processa mehatronnogo gidroagregata sistemy smazki metalurgicheskogo oborudovaniya s uchetom harakteristik dvuhfaznoj zhidkosti / Z. Ya. Lurye, I. M. Fedorenko // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2010. – Vol. 12. – С. 10–25.
7. Syomin D. A. Vliyanie tipa i razmera raschetnykh setok na tochnost rascheta techenij v vihrekamernykh nagnetatelyah / D.A. Syomin, A.S. Rogovoj // Visnik Nacionalnogo tehnicznogo universitetu HPI. Seriya: Hidravlichni mashini ta gidroagregati. – 2016. – № 41. – С. 70–77.
8. Finkelshtejn Z.L. Snizhenie zagryaznennosti vodnykh resursov za schet primeneniya gidrodinamicheskikh filtrov / Z.L. Finkelshtejn, L.N. Bojko // Promislova hidravlika i pnevmatika. – 2003. – № 2. – С. 28–32.
9. Udler E.I. Sredstva filtratsii dlya mobilnykh mashin i mehanizmov, ekspluatiruemykh pri ponizhennykh temperaturah / E.I. Udler, M.V. Kadochnikova // Tez. dokl. mezhdunarodnoj konferencii, Tyumen, 1996.
10. Stadnik N.I. Filtratsionnye ustanovki dlya zamknytykh gidrosistem mehanizirovannoj krepki / N.I. Stadnik, Yu.I. Varshavskij, Yu.I. Kirilyuk [ta in.] // Gornoe oborudovanie i elektrotehnika. – 2006. – № 2. – С. 13–15.
11. Pat. 36727 Ukrainy: MPK (2007), E21D23/16, B01D29/48. Filtr. 2008 05122 ; zayavl. 21.04.08 ; opubl. 10.11.08, Byul. № 21. 4 s.
12. Pat. № 12200 Ukrainy, MPK (2006), F02D 23/00, V01D 27/00. Filtr. 2005 08234 ; zayavl. 22.08.05 ; opubl. 16.01.06, Byul. № 1. 6 s..
13. Hunko I.V. Kompleksna systema filtratsii dlia zamknytykh hidrosistem sil'skohospodarskoho obladdannia / I.V. Hunko, M.I. Stadnik, V.S. Rutkevych // Tekhnika, enerhetyka, transport APK. – 2021. – № 4(112). – С. 113–125.

СТАДНИК М. І.
ВИДМИШ А. А.
ШАРГОРОДСЬКИЙ С. А.
РУТКЕВИЧ В. С.

e-mail: v_rut@ukr.net

Надійшла/Paper received : 21.04.2021 р. Надрукована/Printed : 08.06.2021 р.