

ISSN 2307-5732

DOI 10.31891/2307-5732

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

2.2021

ВІСНИК

Хмельницького

національного

університету

Технічні науки

Technical sciences

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2021, Issue 2, Volume 295

Хмельницький

**ВІСНИК
ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
серія: Технічні науки**

Затверджений як фахове видання категорії «Б»,
РІШЕННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ № 1643 ВІД 28.12.2019 та №409 від 17.03.2020

Засновано в липні 1997 р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2021, № 2(295)

**Засновник і видавець: Хмельницький національний університет
(до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)**

Включено до науково-метричних баз:

Google Scholar	http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=aUP9OYAAAAAJ
Index Copernicus	http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&id_lang=3
Polish Scholarly Bibliography	https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221
CrossRef	http://doi.org/10.31891/2307-5732

Головний редактор	Скиба М. Є. , д.т.н., професор, заслужений працівник народної освіти України, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, ректор Хмельницького національного університету
Заступник головного редактора	Синюк О. М. , д.т.н., професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету
Відповідальний секретар	Горященко С. Л. , к.т.н., доцент кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету

Ч л е н и р е д к о л е г і ї


Технічні науки

Березненко С.М., д.т.н., Бойко Ю.М., д.т.н., Говорущенко Т.О., д.т.н., Гордєєв А.І., д.т.н., Грабко В.В., д.т.н., Диха О.В., д.т.н., Защепкіна Н.М., д.т.н., Захаркевич О.В., д.т.н., Злотенко Б.М., д.т.н., Зубков А.М., д.т.н., Каплун П.В., д.т.н., Карташов В.М., д.т.н., Кичак В.М., д.т.н., Любош Хес, д.т.н. (Чехія), Мазур М.П., д.т.н., Мандзюк І.А., д.т.н., Мартинюк В.В., д.т.н., Мельничук П.П., д.т.н., Місяць В.П., д.т.н., Мясіщев О.А., д.т.н., Нелін Є.А., д.т.н., Павлов С.В., д.т.н., Параска О.А., к.т.н., Рогатинський Р.М., д.т.н., Горошко А.В., д.т.н., Сарібекова Д.Г., д.т.н., Семенко А.І., д.т.н., Славінська А.Л., д.т.н., Харжевський В.О., д.т.н., Шинкарук О.М., д.т.н., Шклярський В.І., д.т.н., Щербань Ю.Ю., д.т.н., Ясній П.В., д.т.н., професор, Бубуліс Альгімантас, доктор наук (Литва), Елсаєд Ахмед Ельнашар, доктор наук (Єгипет), Кальчинські Томаш, доктор наук (Польща), Коробко Євгенія Вікторівна, д.т.н. (Білорусія), Лунтовський Андрій Олегович, д.т.н. (Німеччина), Матушевський Мацей, доктор наук (Польща), Мушлевський Лукаш, доктор наук (Польща), Мушял Януш, доктор наук (Польща), Натріашвілі Тамаз Мамієвич, д.т.н., (Грузія), Попов Валентин, доктор природничих наук (Німеччина)

<i>Технічний редактор</i>	Горященко К. Л., к.т.н.
<i>Редактор-коректор</i>	Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 17 від 27.05.2021 р.**

Адреса редакції: редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"
Хмельницький національний університет
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, Україна, 29016

	(038-2) 67-51-08	web:	http://journals.khnu.km.ua/vestnik
e-mail:	visnyk.khnu@khmn.edu.ua		http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm
	visnyk.khnu@gmail.com		

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 9722 від 29 березня 2005 року

© Хмельницький національний університет, 2021
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2021

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЯ

Г.Д. КОБИЩАН, Ю.О. БАСОВА, Л.М. ГУБА, А.С. ТКАЧЕНКО ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАНДАРТИЗАЦІЇ Й СЕРТИФІКАЦІЇ МИЙНИХ ЗАСОБІВ	7
Ю.С. СОКОЛАН, Л.В. КУЧЕРЕНКО АНАЛІЗ ДОСВІДУ ПЛАНУВАННЯ СИСТЕМИ БЛАГОУСТРОЮ ЖИТЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ	17
РОМАН КАМІНСЬКИЙ, НАТАЛІЯ ШАХОВСЬКА, БОГДАН ХУДОБА ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ТЕКСТІВ РІЗНИХ СТИЛІВ, ПОДАНИХ ЦІЛОЧИСЕЛЬНИМИ ЕКВІДИСТАНТНИМИ ПОСЛІДОВНІСТЯМИ КІЛЬКОСТІ ЛІТЕР У СЛОВАХ	26

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІ,
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА

І.З. МАНУЛЯК, С.І. МЕЛЬНИЧУК, С.П. ВАЩИШАК, С.М. РУДАК РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ КОВЗНОЇ МЕДІАНИ НА ПЛІС ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ СЕНСОРІВ	35
Д.В. СТАЦЕНКО, Б.М. ЗЛОТЕНКО, С.Г. НАТРОШВІЛІ, Т.І. КУЛІК, С.А. ДЕМШОНКОВА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ ПРИМІЩЕНЬ	40
Т.В. СІЧКО МЕТОД РАНЖУВАННЯ НА ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВИХ САЙТАХ	45
О.В. БАРМАК, П.М. РАДЮК ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВІЗУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ РЕНГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ПНЕВМОНІЇ	52
С.Т. БАРАСЬ, Л.В. КРУПЕЛЬНИЦЬКИЙ, О.В. ОНИЩУК ВИМІРЮВАННЯ ОПОРНОЇ ЧАСТОТИ ВУЗЬКОСМУГОВОГО РАДІОСИГНАЛУ ОБМЕЖЕНОЇ ТРИВАЛОСТІ	56
В.С. ЯКОВИНА, Б.В. УГРИНОВСЬКИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМНИХ ПРОЦЕСІВ ТА КОРИСТУВАЦЬКИХ ДОДАТКІВ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ANDROID В КОНТЕКСТІ ЯВИЩА СТАРІННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	64
І.А. КОТОВ АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОТИАВАРІЙНОГО КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМОЮ НА ОСНОВІ ЛОГІКО-ІМОВІРНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПРОДУКЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ ПЕТРІ	71
В.Г. КРАСИЛЕНКО, Н.П. ЮРЧУК, Д.В. НІКІТОВИЧ ЗАСТОСУВАННЯ ІЗОМОРФНИХ МАТРИЧНИХ ПРЕДСТАВЛЕНЬ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОТОКОЛУ УЗГОДЖЕННЯ СЕКРЕТНИХ КЛЮЧІВ-ПЕРЕСТАНОВОК ЗНАЧНОЇ РОЗМІРНОСТІ	78
П.Г. РЕГІДА, І.А. КОМІСАРОВ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ ПЛАНУВАННЯ ОБЧИСЛЕНЬ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ БУЛЬБАШКОВОГО РОЗПОДІЛУ В РІЗНИХ ТОПОЛОГІЯХ	89
К.Р. СЕНІВА СПОСОБИ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ	97
Ю.П. КРИВЕНЧУК, О.І. ГРИЦИК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИБОРУ МАЙБУТНЬОЇ ПРОФЕСІЇ	101

Ю. П. КРИВЕНЧУК, С.В. ГЕЛЕТІЙ КОНЦЕПЦІЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕКСТУ В БІТОВУ КАРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ БУДЬ-ЯКОГО ШРИФТУ	105
--	-----

Т.В. РОМАНЕНКО, Н.Г. РУСІНА ВИКОРИСТАННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ	109
--	-----

МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАНІКА ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

М.Г. ЗАЛЮБОВСЬКИЙ, І.В. ПАНАСЮК ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНОГО МОМЕНТУ ОПОРУ ВЕДУЧОГО ВАЛУ ГАЛТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ, СТВОРЕНОГО МАСОЮ СИПКОГО СЕРЕДОВИЩА У РОБОЧІЙ ЄМКОСТІ	116
--	-----

О.О. ЯЛИНА ДІАГНОСТИКА І ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ	123
---	-----

В.Ю. ЯНІШЕВСЬКИЙ УНІВЕРСАЛЬНИЙ ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВІД ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	127
--	-----

М. І. СТАДНІК, А. А., ВИДМИШ С. А. ШАРГОРОДСЬКИЙ, В. С. РУТКЕВИЧ САМООЧИСНИЙ ФІЛЬТР ДЛЯ ЗАМКНУТИХ ГІДРОСИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ	130
---	-----

ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГЕТИКА

М.С. СКИБА, О.В. МІСЯЦЬ, А.О. ПОЛЩУК, В.П. МІСЯЦЬ, М.М. РУБАНКА СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ЧАСТОТНОГО КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ОБЕРТАННЯ АСИНХРОННОГО ТРИФАЗНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПРИВОДУ РОТОРНОЇ ДРОБАРКИ	139
---	-----

О.М. БЕЗВЕСІЛЬНА, Ю.В. КИРИЧУК, Н.М. НАЗАРЕНКО, А.Г. ТКАЧУК АВТОМАТИЗОВАНИЙ ДВОКАНАЛЬНИЙ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ ГРАВИМЕТР АГС	147
---	-----

Г.І. БАРИЛО, І.І. ГЕЛЬЖИНСЬКИЙ, Р.Л. ГОЛЯКА, Т.А. МАРУСЕНКОВА, М.О. ХІЛЬЧУК ВБУДОВАНА СИСТЕМА КОНВЕРТЕРА НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ ОРГАНІЧНИХ СВІТЛОДІОДІВ	151
---	-----

О. В. ОСАДЧУК, В.С. ОСАДЧУК, Я.О. ОСАДЧУК ДОСЛІДЖЕННЯ СЕНСОРА ТЕМПЕРАТУРИ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ НА ОСНОВІ КВАНТОВОЇ ГЕТЕРОСТРУКТУРИ З ВІД'ЄМНИМ ДИФЕРЕНЦІЙНИМ ОПОРОМ	156
--	-----

О.Ю. КІМСТАЧ, І.М. ПЛЯШЕНКО, А.О. ЖЕЖЕЛО МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРИФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА З УРАХУВАННЯМ АСИМЕТРІЇ МАГНІТОПРОВОДУ	165
---	-----

О.М. БЕЗВЕСІЛЬНА, М.В. ЛЬЧЕНКО, С.С. КОТЛЯР КЛАСИФІКАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРИЛАДОВИХ КОМПЛЕКСІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ	172
---	-----

О.Я. ВОЛОШАНЮК, О.В. НЕЧИПОРЕНКО ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕДУКЦІЙНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ПРАЦЮЮЧИХ НА БАЗІ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	176
--	-----

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА

М.В. ВАСИЛЬСВ, А.И. БРУНЕТКИН НАЛАШТУВАННЯ НЕЧІТКОГО АДАПТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА КОМПРЕСОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗРІДЖЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	187
--	-----

Ю.П. ЗАСПА НЕЛІНІЙНА КОНТАКТНА ДИНАМІКА ТА АНТИСИМЕТРІЯ КОРПУСКУЛЯРНО-ВИХОР-ХВИЛЬОВИХ ФОРМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ТА ГРАВІТАЦІЙНОГО ПОЛІВ У ФОНОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ КОМПЛЕКСНОГО ЕВКЛІДОВОГО ПРОСТОРУ. СПЕКТРИ ХІТОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	193
В.І. ЛУЖАНСЬКИЙ, Л.В.КАРПОВА, А. І. ПОВХ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ СИГНАЛУ НА ВХОДІ ПРИЙМАЧА МОБІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ РІЗНИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ В УМОВАХ ЗАБУДОВИ МІСТА	206
А.Е. RUBANENKO, О.О. RUBANENKO, І.А. HUNKO, V.V. GASYCH DETERMINATION OF RESIDUAL RESOURCE OF MEASURING CURRENT TRANSFORMERS USING FUZZY SIMULATION	214
О.О. РУБАНЕНКО, І.О. ГУНЬКО, В.В. ГАСИЧ, Д.О. ГРЕСЬКОВ, В.А. ПРЯДКО АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КОМПЕНСАЦІЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ НЕГАРАНТОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	220
ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНОЇ, ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
І.О. ЗАСОРНОВА, О.С. ЗАСОРНОВ, Г.А. РІПКА РОЗРОБКА КЛАСИФІКАТОРУ ЗАСТОСУВАННЯ QR-КОДІВ В ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	226
І.Т. СОЛТИК ПРИНЦИПИ ВИГОТОВЛЕННЯ ВКЛАДНИХ УСТІЛОК ІЗ ПІДІГРОМ ДЛЯ УТЕПЛЕНОГО ВЗУТТЯ ...	234
А.В. АНТОНЕНКО, Т.В. БРОВЕНКО, О.В. ВАСИЛЕНКО, Ю.В. ЗЕМЛІНА, Г.А. ТОЛОК, І.М. ГРИЩЕНКО ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ У ТЕХНОЛОГІЇ ХОЛОДНИХ ЗАКУСОК	239
О.О. КОРОТИЧ, В.С. НЕЙМАК, А.М. ЗАЛІЗЕЦЬКИЙ, Н.М. ЗАЩЕПКІНА РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ ВІТРИНИ З АВТОМАТИЗОВАНОЮ СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ	245
А.Л. СЛАВІНСЬКА, В.В. МИЦА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АСПЕКТ ГРУПУВАННЯ УНІФІКОВАНИХ ФОРМ РОБОЧОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА МОДЕЛЬ ВИРОБНИЧОГО ОДЯГУ	254
О.Г. СОКОЛОВСЬКА, Л.О. ВАЛЕВСЬКА ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА КІНОА – ВАЖЛИВИЙ ЕТАП ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ	259
О.Л. ТКАЧУК МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДВАРЮВАННЯ КОТОНІНОВМІСНОЇ ТКАНИНИ	264
В.Ю. ЩЕРБАНЬ, А.К. ПЕТКО, О.З. КОЛИСКО, Ю.Ю. ЩЕРБАНЬ, Л.Є. ГАЛАВСЬКА ПРОГРАМНІ МОДУЛІ ТА ПРОЦЕДУРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАТЯГУ КЕВЛАРОВОЇ НИТКИ ПРИ В'ЯЗАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ РЕКУРСІЇ	271

М. І. СТАДНІК, А. А., ВИДМИШ С. А. ШАРГОРОДСЬКИЙ, В. С. РУТКЕВИЧ
Вінницький національний аграрний університет

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 протипотоком 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, характеристики пружин, перекося, 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 протипотоком 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 по 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 раз [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 вплавають 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 відсутності 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 щілинних фільтраційних елементів протипотоком 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 щілиноутворюючого дроту (рис. 1 і 2). Для порівняння, на рис. 3 показаний секційний фільтр фірми «ОНЕ» (Німеччина), який виготовлений із твердого щілиноутворюючого дроту й через несвоєчасне промивання

вийшов з ладу.



Рис.1. Фільтраційний елемент фільтра Φ12



Рис. 2. Деформований фільтраційний елемент фільтра Φ12



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	
	Φ12	Φ20
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

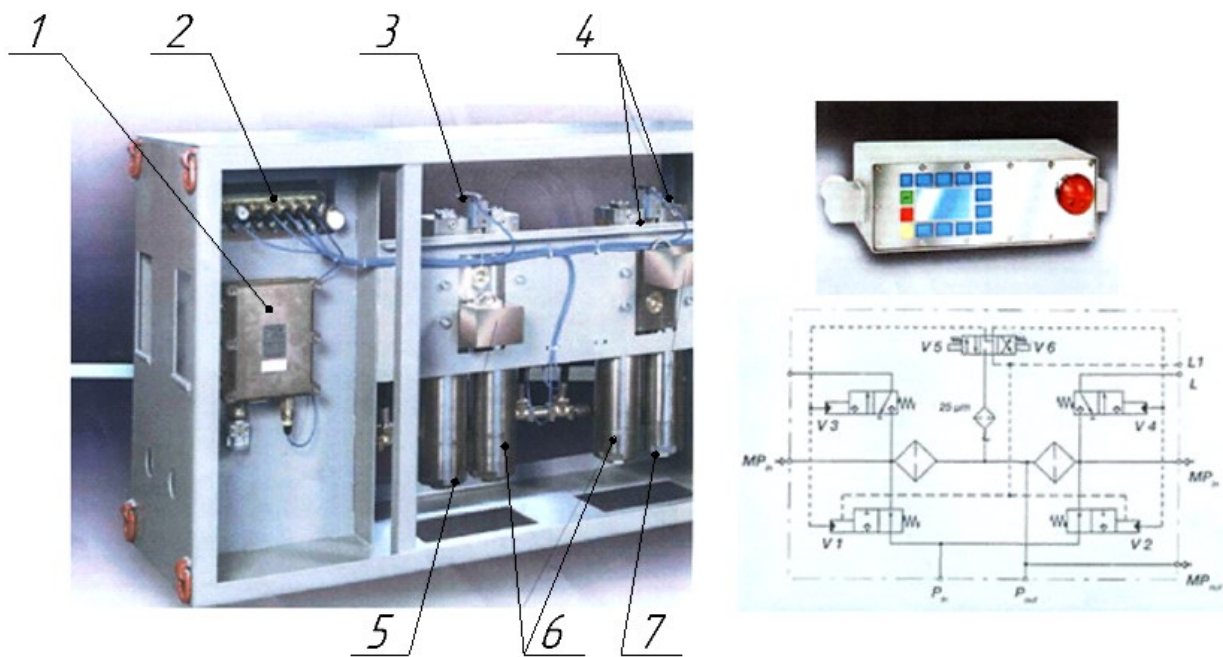
З метою мінімізації ручних робіт з технічного обслуговування фільтраційних установок на сільськогосподарських підприємствах, ряд відомих західних фірм випускає значний типорозмірний ряд фільтрів з автоматичним промиванням (самоочисткою поверхні фільтрувального елемента від «фільтрувального пирога»). 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 протivotоку 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

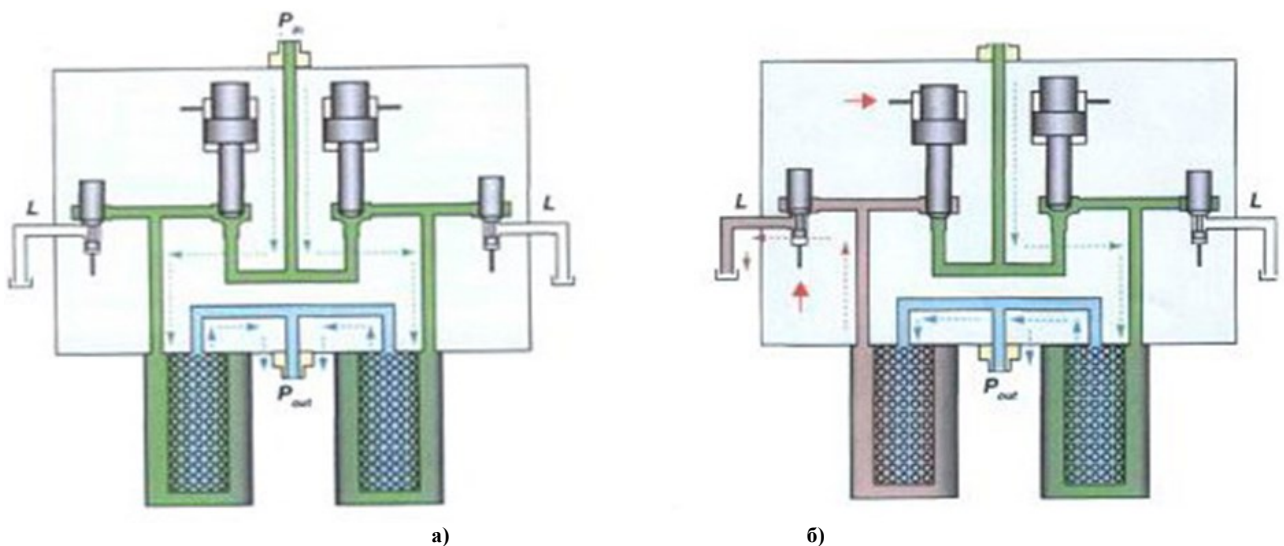


Рис. 4. Автоматичний фільтр зворотного промивання фірми «TIEFENBACH»: а) фільтрація, б) промивання

На внутрішньому ринку України досить широко представлені фільтруючі елементи і

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 представлене обладнання досить з високою тонкістю фільтрування (до 0,5 мікрометрів) [12].

Перспективною тенденцією, що спостерігається на ринку фільтраційних елементів та фільтраційних установок сільськогосподарського обладнання є застосування фільтраційних елементів, конструкційні рішення яких дозволяють виконувати догвотривале 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 протivotоком 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, при якому 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.

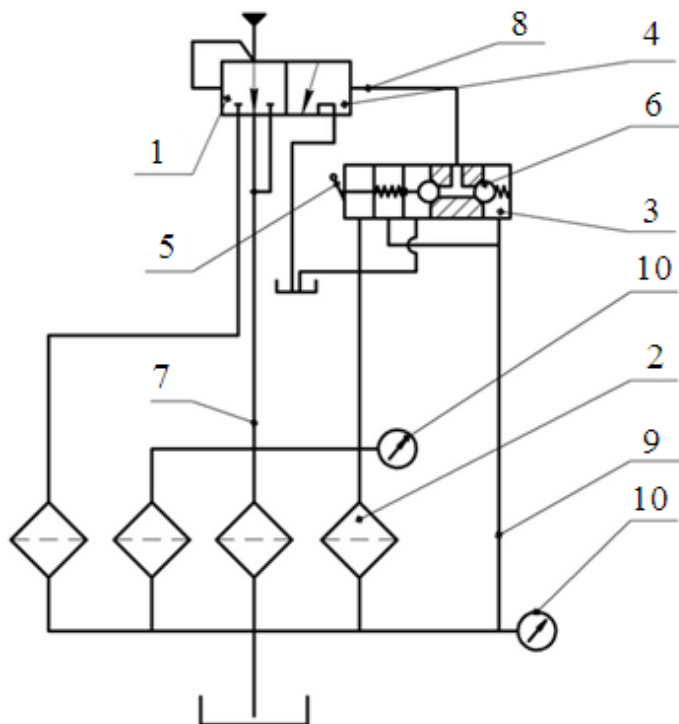


Рис. 6. Гідравлічна схема самоочисного фільтра: 1– гідравлічний блок; 2– фільтраційний елемент; 3 – гідроблок керування; 4 – гідророзподільник; 5 – рукоятка; 6 – зворотний клапан; 7,8 – рукава; 9 – колектор; 10 – манометри

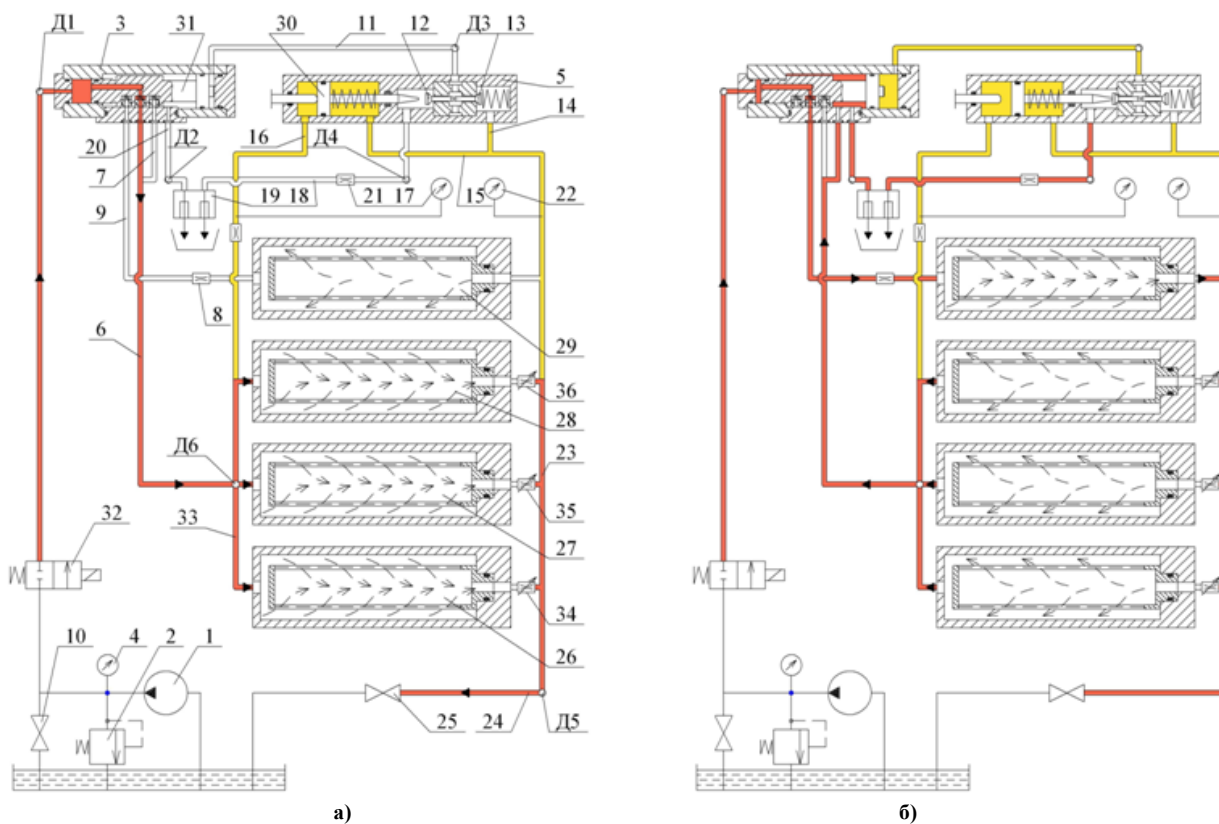


Рис.7. Функціональна схема роботи самоочисного фільтра на дослідному стенді: а) фільтрація; б) автопромивка

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 стенові 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 штовхача 30 з диференціальним поршнем і регульованою пружиною гідроблоку керування 5; вихідний колектор каналами 15 і 14 – зі штоковою порожниною штовхача і порожниною підпружиненого напірного клапана 13, який у режимі фільтрації закритий. Нормально відкритий дренажний клапан 12 може взаємодіяти з штоком штовхача 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 штовхача та настроюванням пружини для спрацьовування автопромивки; штовхач 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 гідросистеми 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.

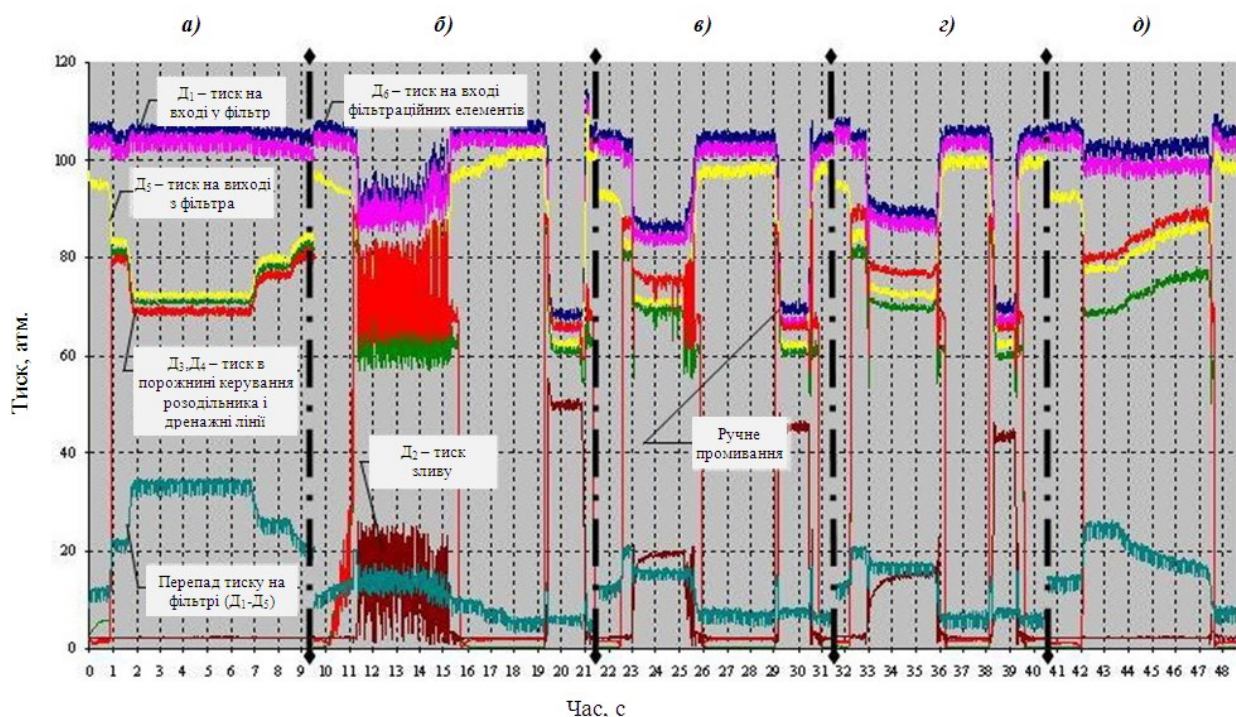


Рис.8. Осцилограма роботи самоочисного фільтра:
 а) без дроселя; б) з дроселем \varnothing 0,6 мм; в) з дроселем \varnothing 0,8 мм;
 г) з дроселем \varnothing 1 мм; д) з дроселем \varnothing 0,14 мм

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 з 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 протivoтоком 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. Повышения 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 / Фінкельштейн З.Л., Андренко П.М., Дмитрієнко О.В.; навч. посіб. Харків: Видавничий центр. НТУ “ХПІ” – 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 ХПІ. 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., Кадочникова М.В. Средства фильтрации для мобильных машин и механизмов, эксплуатируемых при пониженных температурах. Тез. докл. международной конференции, Тюмень, 1996.
10. Фильтрационные установки для замкнутых гидросистем механизированной крепи / Н.И. Стадник, Ю.И. Варшавский, Ю.И. Кирилло [та ін.] // Горное оборудование и электротехника. – 2006. – №2. – С.13–15.
11. Пат. 36727 Украины: МПК (2007), E21D23/16, B01D29/48. Фильтроэлемент щелевого типа. 2008 05122; заявл. 21.04.08; опубл. 10.11.08, Бюл. № 21. 4с.
12. Пат. № 12200 Украины, МПК (2006), F02D 23/00, B01D 27/00. Фильтр. 2005 08234; заявл. 22.08.05; опубл. 16.01.06, Бюл. № 1. 6с.
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. –

References

1. Ivanov M.I. Pidvyshchennia ekspluatatsiinoi efektyvnosti blochno-portsiinoho vyvantazhuvacha konservovanykh kormiv shliakhom hidrofikatsii pryvoda robochnykh orhaniv / M.I. Ivanov, S.A. Sharhorodskyyi, V.S. Rutkevych // Promyslova hidravlika i pnevmatyka. – 2013. – №1(39). S. 91–96.
2. Finkelshtein Z.L. Ekspluatatsiia, obsluhovuvannia ta nadiimist hidravlichnykh mashyn i hidropryvodiv / Finkelshtein Z.L., Andrenko P.M., Dmitrienko O.V.; navch. posib. Kharkiv: Vydavnychi tsestr. NTU “KhPI” – 2014. 308 s.
3. Mochalin E.V. Problemy promyshlennoi ochistki zhidkosti ot mekhanicheskikh zahriaznenii i primenenie rotatsionnykh filtriv / E.V. Mochalin, A.A. Khalatov // Promyshlennaia teplotekhnika. – 2009. – T.31. – №2. – S. 57 – 69.
4. Ashcheulov A.V. Analiz intensivnosti otkazov hidravlicheskooho oborudovannia /A.V. Ashcheulov// Hidravlika pnevmatika privody. – 2010. – №1(3). – S. 8 – 12.
5. Rybakov K.V. Puti sovershenstvovannia sistem obespecheniia chistoty nefteproduktov na skladakh ahropromyshlennykh predpriatii / K.V. Rybakov, V.P. Kovalenko, V.A. Borzenko // Enerhotekhnicheskie sredstva selskokhoziaistvennoho naznacheniia i ikh tekhnicheskie sistemy. Moskva: Sbornik nauchnykh trydov MIISP, – 1989. – T.2, №2–S. 68 –75.
6. Lurye Z. Ya. Issledovanie rabocheho protsessha mekhatronnogo gidroagregata sistemy smazki metalurgicheskogo oborudovaniia s uchetom kharakteristik dvukhfaznoy zhidkosti / Z. Ya. Lurye, I. N. Fedorenko // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2010. – Vol. 12. – S. 10–25.
7. Semin D. A. Vliianie tipa i razmera raschetnykh setok na tochnost rascheta techenii v vikhrekamernykh nahnetatiakh / D.A. Semin, Rohovoi A. S. // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu KhPI. Serii: Hidravlichni mashyny ta hidroahrehaty. – 2016. – №. 41. – S. 70–77.
8. Finkelshtein Z.L. Snizhenie zahriaznennosti vodnykh resursov za schet primeneniia hidrodinamicheskikh filtriv / Z.L. Finkelshtein, L.N. Boiko // Promyslova hidravlika i pnevmatyka – Industrial hydraulics and pneumatics. – 2003. – № 2. – S. 28 –32.
9. Udler E.I. Sredstva filtratsii dlia mobilnykh mashin i mekhanizmov, eksplyatiruemykh pry ponizhenykh temperaturakh. Tez. dokl. mezhdunarodnoi konferentsii, Tiumen, 1996.
10. Stadnik N.I. Filtratsionnye ustanovky dlia zamknutykh hidrosistem mekhanizirovannoi krepki / N.I. Stadnik, Yu.I. Varshavskiy, Yu.I. Kyryliuk, S.V. Nikitin // Homoe oborudovanie i elektrotekhnika. – 2006. – №2. – S.13–15.
11. Pat. KM 36727 Ukraina. (2008). Filtroelement shchelevoho tipa. Publ. 10.11.2008.
12. Pat. KM 12200 Ukraina. (2006). Filtr. Publ. 16.01.2006.
13. Hunko I.V. Kompleksna systema filtratsii dlia zamknutykh hidrosistem silskohospodarskoho obladdnannia / I.V. Hunko, N.I. Stadnik, V.S. Rytkevych // Tekhnika, enerhetyka, transport APK– Engineering, energy, transport of agro-industrial complex. – 2021. – №4(112). – С. 113–125.

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

e-mail: v_rut@ukr.net

Рецензія/Peer review : 21.04.2021 р.

Надрукована/Printed :08.06.2021 р.