



УДК 66.067.3.022.63

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-1-13

**КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ ЗАМКНУТИХ ГІДРОСИСТЕМ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Гулько Ірина Василівна**, к.т.н., доцент  
Віцепрезидент ННБК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум»  
**Стаднік Микола Іванович**, д.т.н., професор  
**Шаргородський Сергій Анатолійович**, к.т.н., доцент  
**Руткевич Володимир Степанович**, к.т.н., доцент  
Вінницький національний аграрний університет

**Iryna Gunko**, Ph.D., Associate Professor  
**Mykola Stadnik**, Doctor of Technical Sciences, Full Professor  
**Serhiy Shargorodskiy**, Ph.D., Associate Professor  
**Volodymyr Rutkevych**, Ph.D., Associate Professor  
Vinnytsia National Agrarian University

*В статті розглядається питання підвищення довговічності та безвідмовності агрегатів замкнених гідросистем сільськогосподарського обладнання за рахунок забезпечення чистоти робочої рідини. Приведений аналіз існуючих систем фільтрації робочої рідини для замкнених гідросистем сільськогосподарського обладнання. Зазначено, що основою створених і впроваджуваних систем фільтрації є фільтраційні установки у напірні магістралі, у тому числі з автоматичним промиванням, які забезпечують тонкість фільтрації до 50 мкм, фільтрувальні елементи яких мають високу міцність, надійність та здатні до промивання протипотоком при робочому тиску гідросистеми.*

*Запропонована комплексна система фільтрації робочої рідини для замкнених гідросистем сільськогосподарського обладнання. Система фільтрації робочої рідини, передбачає використання фільтрів із зворотним промиванням протипотоком та фільтраційних елементів з щілиноподібним латунним дротом круглого перетину. Загальна довжина фільтраційної щілини одного фільтраційного елемента шириною 0,05 мм становить 40 м.*

*У фільтрі передбачена пасивна технологія очищення – промивання протипотоком, як найбільш проста по конструкції, нескладна у виготовленні та в достатньому ступені ефективна й дешева.*

*Особливістю фільтраційної установки є можливість промивання її фільтраційних елементів протипотоком робочої рідини. Сигналом для промивання є виникнення перепаду тиску на фільтрі, по якому можна судити про ступінь забруднення та показання манометрів, установлених на вході і виході замкнутої гідравлічної системи сільськогосподарського обладнання.*

*Зазначено, що розроблена комплексна система фільтрації для замкнених гідросистем сільськогосподарського обладнання дозволить підвищити надійність керуючої гідравліки не менше, ніж в два рази та скоротити дороговартісні прості сільськогосподарської техніки із-за несправності герметичних елементів гідроапаратури.*

**Ключові слова:** гідравлічний привод, робоча рідина, фільтруюча установка, фільтр, очистка, насосна станція, надійність, універсальний гідравлічний автомобілерозвантажувач.

**Табл. 2. Рис. 13. Літ. 16.**

---

**1. Вступ**

Широке застосування гідравлічних приводів в сільськогосподарських машинах та обладнанні пояснюється їх істотними перевагами в порівнянні з іншими типами приводів (електричними, пневматичними) [1, 2]. Але складність конструкцій сучасних гідравлічних приводів вимагає підвищених вимог до експлуатаційних показників масел, що використовуються в якості робочої рідини гідравлічних систем сільськогосподарських машин та обладнання, від чого в значній мірі залежить надійність гідравлічної системи і працездатність машини в цілому [3].

Важливим показником якості робочих рідин є їх чистота, проте цей показник може істотно погіршуватися в процесі експлуатації сільсько-господарської техніки, що відбивається на



ефективності її використання [3]. Забруднення робочої рідини призводить до інтенсивного зносу деталей гідромашин (гідронасосів, гідромоторів, гідроциліндрів), а також розподільних та регулюючих елементів, до забивання фільтрів, засміченню або зависанню клапанів [4, 5]. Встановлені в гідравлічних системах сільськогосподарської техніки фільтри не повною мірою забезпечують необхідну чистоту робочих рідин. Тому теоретичне обґрунтування та експериментальне підтвердження можливості застосування нових матеріалів для очищення робочих рідин гідравлічних систем сільськогосподарських машин та обладнання є актуальним завданням.

## 2. Постановка проблеми

Сільськогосподарські машини працюють у досить тяжких умовах, а саме наявність значної кількості пилу, значні перепади температур, нерівномірність навантаження на робочі органи, як за амплітудою так і за частотою, а отже існує велика ймовірність потрапляння у робочу рідину гідравлічних систем механічних включень із зовні так і забрудненість робочої рідини продуктами зношування пар тертя елементів гідропривода, виділення смолистих відкладень та інше. Вихід з ладу і несправність гідроапаратури сільськогосподарських машин приблизно на 80 % пояснюються забрудненням і викликаним ним гідроабразивним зношуванням. Результати змивання з двох модульних гідророзподільників показали, що в них перебувало від 100 до 120 мг абразивних забруднень при припустимих – 5 мг (рис. 1).

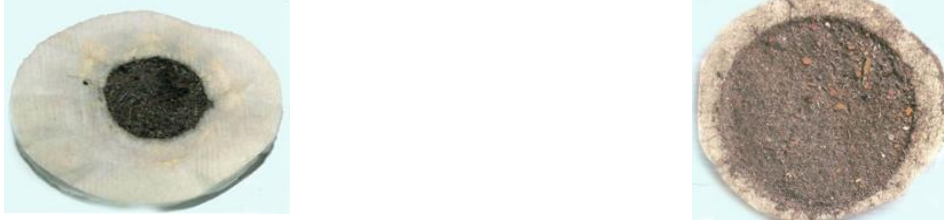


Рис. 1. Змивки розподільників

## 3. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для очищення робочої рідини в гідравлічних системах використовуються такі методи, як центрифугування, магнітна очистка, електроочистка, фільтрування через пористі перегородки, а також комбінація даних методів[6]. Вибір типу очищувача залежить, в першу чергу, від конструкції гідравлічної системи і умов її експлуатації. Але на сучасному етапі широкого поширення для очистки робочої рідини набули фільтри (рис. 2), які володіють рядом переваг порівняно з іншими засобами очистки рідини – простотою пристрою, відсутністю потреби в додаткових джерелах енергії, широким діапазоном робочих тисків і температур [7,8]. Ефективність роботи фільтрів практично не залежить від властивостей частинок забруднення, що знаходяться в очищувачі робочі рідини, і визначається лише співвідношенням між розмірами їх частинок та розмірами пор фільтруючої перегородки. Функціональні характеристики фільтрів безпосередньо залежать від властивостей фільтруючих матеріалів, що використовуються при очищенні робочої рідини.



Рис. 2. Фільтри для очищення робочої рідини

Як відомо з [3], на ступінь забруднення робочої рідини впливають три основні фактори:

– культура виробництва заводу-виготовлювача гідравлічної апаратури зокрема та складання гідравлічної системи в цілому. На цьому етапі до гідравлічної системи попадають забруднення у наслідок проведення монтажних і виробничих робіт, що включають фрагменти ущільнень, гумових



рукавів, ушкоджених при складанні; технологічну стружку, окалину і інші забруднення, що утворюються при зварюванні; бруд, що попадає в бак гідросистеми при первинному заправленні нефільтруючою робочою рідиною;

– рівень розробки і якість виготовлення гідроапаратів, від яких залежать експлуатаційні забруднення, що утворюються при приробітку нових насосів, гідромоторів, пар тертя керуючої гідроапаратури, причому, продукти приробляння діють як абразив, і підсилюють ефект зношування; фрагменти фільтр елементів, руйнування яких відбувається при перепаді тиску понад граничний.

Останній фактор особливо актуальний, оскільки специфіка експлуатації сільськогосподарської техніки не дозволяє забезпечити регулярний догляд за серійними фільтрувальними елементами під час проведення сільськогосподарських робіт;

– культура технічного обслуговування персоналу, від якої залежать забруднення з навколишнього середовища.

Дослідженню процесів фільтрування нафтопродуктів методом фільтрування для підвищення надійності техніки присвячені роботи В.І. Альошина, Є.В. Мочаліна, Г.Ф. Большакова, В.А. Жужікова, В.П. Коваленка, В.В. Лебедева, Л.М. Логвінова, А.І. Руденка, З.Я. Лур'є, Е.І. Удлера, З.Л. Фінкельштейна і багатьох інших вчених. На підставі цих робіт сформульовані вимоги до фільтруючих матеріалів для очищення робочих рідин і запропонована уточнена класифікація цих матеріалів [9-13].

В наукові праці В.А. Жужікова даний детальний аналіз процесів фільтрування різноманітних рідин через пористі матеріали [6]. В працях перелічених авторів містяться результати глибоких теоретичних і експериментальних досліджень в розглянутій області. В працях [9, 10, 12] зазначено, що для ефективної роботи фільтрів необхідно використовувати високоякісні фільтруючі матеріали, що забезпечують високу ступінь очистки рідини при достатньо низькому гідравлічному опорі. Але в даний час багато фірм, що випускають достатньо ефективні фільтруючі матеріали, завершили їх виготовлення у зв'язку з економічними і організаційними труднощами, що змушує використовувати для укомплектування фільтрів гідравлічних систем фільтроелементи закордонного виробництва, а при виготовленні вітчизняних фільтроелементів використовувати імпорتنі фільтруючі елементи, що значно з дорошує процес очистки робочих рідин.

Світовими виробниками масляних і гідравлічних фільтрів є такі фірми: Donaldson (рис. 3 а), Hydac, Agiana, Parker (рис. 3 б), Servi, Mahle (рис. 3 в). Дані фірми випускають фільтра для сільськогосподарської техніки: Challenger, Massey Ferguson, John Deere, Case, Claas, New Holland, Caterpillar, Manitou, Fercem, Fendt.



Рис.3. Масляні та гідравлічні фільтри світових фірм

Найбільш чутливими до забруднень є золотникові пари через їх малі розміри, і високу точність спряжених поверхонь – радіальний зазор не перевищує 0,0225 мм [14]. Потрапляння забруднюючих часток в зону контакту робочих пар приводить до западання рухомих частин та втрати герметичності – починається витікання рідини і прогресивне гідроабразивне зношування елементів розподільника. Оскільки при традиційно застосовуваній системі фільтрації клас чистоти робочої рідини гідравлічних систем у більшості випадків перебуває в інтервалі між 15 і 18, тобто в робочій рідині є значна кількість твердих часток розміром більш 50 мкм, гідроабразивне зношування в умовах експлуатації є переважним видом відмов [3, 12]. Тому, для забезпечення високої надійності роботи апаратури гідравлічних систем, крім добору надійних гідроапаратів, рукавів із чотириразовим запасом міцності, надійних ущільнень і якісних робочих рідин, необхідні ефективні фільтраційні установки.



У закордонних *гідравлічних автомобілерозвантажувачах* робоча рідина фільтрується тричі: на виході з насосної станції в напірну магістраль, на вході – у секційний блок керування й на виході зі зливальної магістралі – у баку насосної станції. Ряд закордонних фірм: DAMS, TIEFENBACH, HYDAC, SEEBACH, ONE (Німеччина) – для цих цілей розроблені високонапірні фільтраційні установки з фільтруючими елементами, що неруйнуються і зворотньою промивкою протипотоком (в тому числі є виконання з автоматичною самопромивкою), з тонкістю фільтрації не грубше 50 мкм, задача яких задержати, відфільтрувати і удалити інородні частини з робочої рідини через зовнішню автономну магістраль.

Робочою рідиною замкненої гідросистеми *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача* є водомасляні емульсії з масовим вмістом масла (емульсола) 1-3 %. Мікрокраплі масла перебувають у воді у зваженому стані й стабілізовані спеціальною поверхнево-активною речовиною – емульгатором. Крім того, до складу емульсол входить ряд інших речовин, у тому числі біоциди для знищення бактерій. Найважливішим показником емульсії є «Агрегатна стабільність» у часі, від якої багато в чому залежать її антикорозійні й антизадирні властивості. Високої агрегативної стабільності можна добитися за умови, що мікрокраплі масла будуть розміром до 5 мкм. Фактично, через неякісну підготовку в застосовуванні на елеваторах емульсол з низкою емульгуючою здатністю розмір капель досягає 300 мкм і більш. Вони стають центрами злиття, що приводить до розшарування емульсії, втраті агрегатної стабільності й інших фізико-хімічних і експлуатаційних властивостей, в остаточному підсумку – до відмов у роботі замкненої гідросистеми *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача*. Очевидно, що при фільтрації емульсії зі злиплими пластівцями емульсола відбудеться її подальше розшарування на фільтруючих елементах тонкого очищення й різке погіршення ефективності фільтрації. Тому, одночасно з розв'язком питання відділення механічних домішок, необхідно вирішувати питання якості емульсола і підготовки емульсій на їхній основі. Це питання можна розв'язати шляхом застосування емульсії на основі концентрату Fimitol P87AF фірми «CarlBechemGmbH» (Німеччина) і спеціальних установок для її готування.

У цей час усе більш широке поширення починає одержувати емульгуючий концентрат SOLCENIC PL PLUS фірми FUCHS (Німеччина). Концентрат відрізняється високою якістю.

Керуюча гідравліка *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача* (розподільники, запобіжні клапани, гідрозамки й ін.) допускає тонкість фільтрації для безвідмовної роботи не грубше 50 мкм, що реально досягне в умовах сільськогосподарської експлуатації. При більш грубій фільтрації підсилюється гідроабразивне зношування. Аналіз узятій на сільськогосподарських підприємствах проб емульсії лічильником «КУЛЬТЕР ТА-11» (Франція) показує, що сумарний зміст у ній часток розміром 50-115 мкм становить близько 48000 штук, а часток розміром 11-36 мкм – близько 1833665 штук. Це відповідає 18-му класу чистоти за ДСТ 4106:2002, при необхідному – не гірше 15-го [15].

---

#### 4. Постановка завдання

---

Для замкнутих гідросистем сільськогосподарського обладнання необхідно розробити спеціальні фільтраційні установки з фільтруючими елементами щільного типу, що витримують різницю тисків, яку можна спів ставити із робочим перепадом тиску та можна промивати робочою рідиною у зворотному напрямку без виконання складальних – розбиральних робіт. Найбільш актуальною є проблема підтримки чистоти робочої рідини для гідравлічних приводів машин та обладнання сільськогосподарського призначення.

---

#### 5. Викладення основного матеріалу та результати дослідження

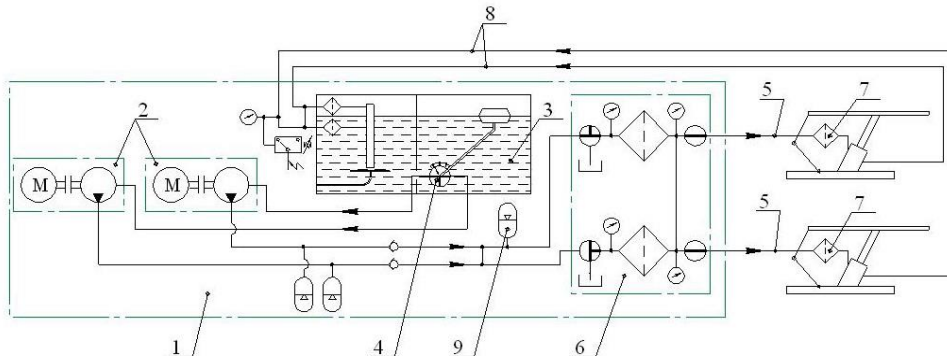
---

На основі аналізу експериментальних та теоретичних досліджень фільтраційних установок для розв'язку цієї проблеми були розроблені насосні станції із вбудованими фільтраційними установками для замкненої гідросистеми, які працюють при постійному тиску, та складаються з насосної станції, високонапірної магістралі, керуючої гідроапаратури – на секціях *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача* та зливної магістралі (рис. 4).

Робоча рідина всмоктується з бака 3 високонапірними насосними агрегатами 2 через вузол усмоктування 4, що складається із триходового крана, всмоктуючого патрубку, закріпленого на поплавку, і стрілочного показчика рівня, і нагнітається по двом автономним напірним магістралям 5 у гідросистему *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача*. Причому, один агрегат



може бути або резервним, або можлива паралельна робота двох агрегатів. На стінці бака встановлено дві високонапірні фільтраційні установки 6 зі зворотним промиванням (по одній на кожний агрегат). Промивати фільтри можна як на ходу, так і при непрацюючих агрегатах – від акумуляторів 9 (одна установка показана в положенні «Промивання»).



**Рис. 4. Схема замкненої гідросистеми універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача з фільтруючими установками:**

**1 – насосна станція; 2 – високонапірні насосні агрегати; 3 – бак з фільтраційною установкою на зливі; 4 – усмоктувальний вузол насосних агрегатів; 5 – напірні магістралі; 6 – високо напірна фільтруюча установка; 7 – секційні фільтри й індивідуальні фільтри розподільників; 8 – зливна магістраль; 9 – пневмогідроакумулятор**

Універсальний гідравлічний автомобілерозвантажувач призначений для розвантаження зерна та інших сипучих матеріалів через відкритий задній борт із автомобілів та через відкритий (правий або лівий) борт причепа без розчіплювання їх від автомобілів (рис. 5).

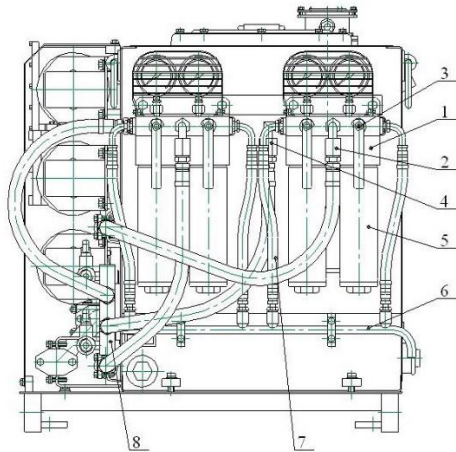


**Рис. 5. Універсальний гідравлічний автомобілерозвантажувач**

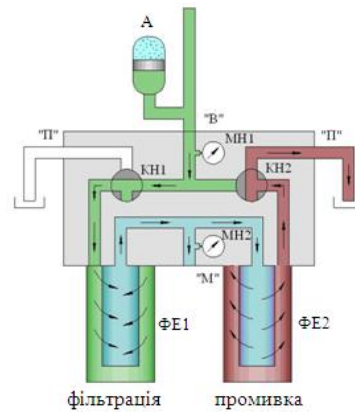
На рис. 6 показана бічна стінка бака із двома високонапірними фільтраційними установками. Установка складається з фільтра 1 із двома фільтруючими елементами щілинного типу 9 підвищеної брудоемкості й надійності, входного штуцера 2, двох триходових кульових кранів 3 для зворотного промивання, вихідного штуцера 4, двох манометрів 5, загального колектора зворотного промивання 6 з рукавами 7. Вихід з фільтраційної установки з'єднано із загальним вихідним колектором 8.

Робоча рідина надходить у фільтр і проходить через два фільтруючих елемента щілинного типу зовні в середину. При цьому частки бруду, які по розмірах більше фільтруючої щілини, уловлюються й утримуються, а відфільтрована робоча рідина надходить до споживача.

Особливістю фільтраційної установки є можливість промивання її фільтруючих елементів протипотоком робочої рідини. Сигналом для промивання є виникнення перепаду тиску на фільтрі, по якому можна судити про ступінь забруднення, і про що свідчать показання манометрів, установлених на вході й виході.



**Рис. 6. Бак насосної станції з високонапірними фільтраційними установками:** 1 – високонапірний фільтр зі зворотним промиванням; 2 – вхідний штуцер (В); 3 – триходові крани; 4 – вихідний штуцер; 5 – манометри; 6 – колектор зворотного промивання; 7 – рукава зворотного промивання (П); 8 – вихідний колектор; 9 – фільтруючий елемент



**Рис. 7. Гідравлічна схема високонапірної фільтруючої установки зі зворотним промиванням:** А – пневмогідроаккумулятор; КН1, КН2 – крани кульові; МН1, МН2 – манометри; ФЕ1, ФЕ2 – фільтруючі елементи; «В» – вхід, Ду – 20 мм; «М» – магістраль, Ду – 20 мм; «П» – промивання, Ду – 12 мм

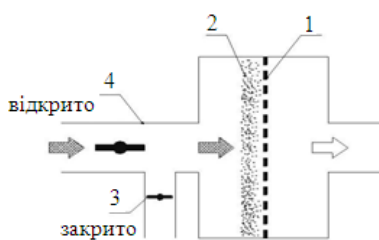
Зі збільшенням ступеня забруднення фільтруючого елемента відбувається збільшення різниці тиску. У випадку, якщо різниця тиск перевищує задане припустиме значення, необхідно зробити промивання фільтруючих елементів. Для промивання фільтруючих елементів досить на 1-2 секунди послідовно встановити кожний із триходових кранів у положення «П» (промивання). Незважаючи на залежність зворотного промивання від різниці тиску, на практиці вона повинна проводитися не рідше одного разу за добу, що суттєво продовжить ресурс фільтруючих елементів в умовах реальних забруднень робочої рідини на сільськогосподарських підприємствах. В таблиці 1 наведено технічну характеристику фільтруючої установки.

**Таблиця 1**

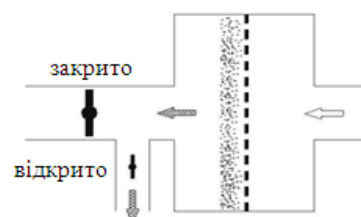
**Технічна характеристика фільтраційної установки**

Показник	Одиниця вимірювання
Умовний прохід, мм	20
Номінальний тиск, МПа	40
Номінальна витрата, л/хв	150
Кількість фільтруючих елементів, штук	2
Номінальна тонкість фільтрації, мкм	50
Номінальний перепад тисків, МПа	0,5
Рекомендований перепад тисків, при якому слід робити промивання, МПа	3
Маса, кг	54

Рух потоків через фільтраційну установку показано на рис. 7 (Фільтруючий елемент ФЕ2» перебуває в стані зворотного промивання через кран КН2).



**Рис. 8. Режим фільтрації**



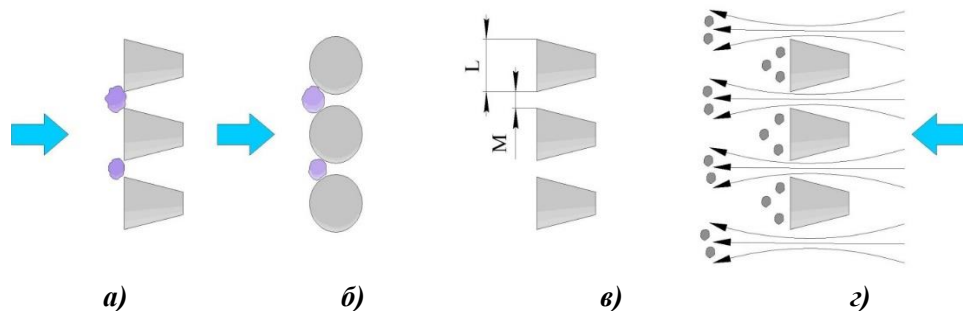
**Рис. 9. Режим очищення**



Ця технологія була запропонована на початку минулого століття. Процес очищення протivotоком має на увазі два стани фільтра – режим фільтрації (рис. 8) і режим очищення (рис. 9) [3, 6]. Під час фільтрації впускна труба 4 відкрита, промивний клапан 3 закритий. Забруднена вода проходить через сітку 1, на якій накопичується «фільтрувальний пиріг» із забруднень 2. Фільтр перемикається в режим очищення при досягненні заданого рівня перепаду тиску на сітці. Вхідна труба закривається, а промивний клапан відкривається. Напрямок потоку води через фільтраційний елемент реверсується.

Бруд, що відділився від сітки, змивається в дренаж. Подача води споживачеві на час промивання припиняється повністю.

Працездатність фільтра повністю залежить від здатності забруднень відділятися від сітки під дією зустрічного потоку води. Тому всі зусилля конструкторів таких фільтрів спрямовані на усунення ефектів «заклинювання» часток бруду у фільтрувальному елементі. Для цієї мети передбачено безліч компромісних розв'язків, які привели до появи щілинних фільтруючих елементів із клиноподібного або із круглого профілю (рис. 10, а, б). З боку потрапляння забруднень фільтруючий елемент із клиноподібного профілю являє собою практично дзеркальну поверхню з вузькими щілинами для проходження води (рис.10, а). Такий профіль викликає менший ступінь «заклинювання» твердих часток, чим більш традиційний круглий профіль.



**Рис. 10. Щілинні фільтруючі елементи: а– клиноподібного профілю, б – круглого профілю, в–параметри клиноподібного профілю, г – «тіньові клини» із забруднень**

Значно гірше стоїть справа з відкритою площею фільтруючого елемента. Справа в тому, що фільтруючий елемент повинен витримувати значні навантаження. Тому ширину клиноподібного утворення ( $L$  – рис. 10, в) не можна значно зменшити – знижується міцність. Але ширина щілини ( $M$  – рис. 10, а) визначає ступінь фільтрації. Тому сумарна відкрита площа у фільтруючому елементі із клиноподібного профілю вкрай незначна. Прозорість фільтруючого елемента різко падає для тонкої фільтрації (відношення  $M/L$  – рис. 10, в).

У таблиці 2 наведена залежність фільтрації від коефіцієнта прозорості фільтруючого елемента із дроту круглого й клиноподібного профілів.

**Таблиця 2**

**Залежність фільтрації від коефіцієнта прозорості фільтруючого елемента**

Тонкість фільтрації, мкм	Коефіцієнт прозорості із дроту круглого профілю, %	Коефіцієнт прозорості із дроту клиноподібного профілю, %
800	46	44
500	37	33
300	31	23
200	53	17
130	32	10
100	32	7
80	31	-
50	34	-
25	19	-
10	6	-

Низький ступінь прозорості клиноподібного щілинного фільтруючого елемента визначає один із серйозних його недоліків – значна площа «тіньових поверхонь», що ще й ускладнюється появою



«тіньових клинів» із забруднень (рис. 10, г і 11). Це пояснює схильність таких фільтрів до біологічних обростань і відкладанням на сітках, усунення яких вимагає частого розбирання фільтра й очищення вручну.

Виходячи з вищесказаного, в описуваному фільтрі зі зворотним промиванням протivotоком прийнятий фільтраційний елемент із щілиноподібним латунним дротом круглого перетину. Загальна довжина фільтруючої щілини одного фільтруючого елемента шириною 0,05 мм становить 40 м.

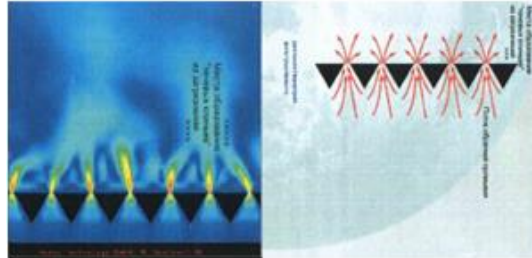


Рис. 11. Місця утворення «тіньових клинів» із забруднень

У фільтрі передбачена пасивна технологія очищення – промивання протivotоком, як найбільш проста по конструкції, нескладна у виготовленні й, в остаточному підсумку, у достатньому ступені ефективна й дешева.

Критеріями оцінки якості фільтрації служать коефіцієнти пропускання й фільтрування [3, 4]. Для їхнього визначення були проведені спеціальні лабораторні дослідження. Коефіцієнт пропускання  $\lambda$  характеризує тонкість фільтрації й визначається по формулі:

$$\lambda = \frac{m_2}{m_1}, \quad (1)$$

де  $m_2$  – маса часток заданого розміру (у нашому випадку – 0,05 мм) у профільтрованій частині рідини;  $m_1$  – маса часток того ж розміру до фільтрації.

Коефіцієнт фільтрування  $\psi$  критерієм якості фільтрів і визначається по формулі:

$$\psi = \frac{m_1 - m_2}{m_1}, \quad (2)$$

У результаті лабораторних досліджень було встановлено, що  $\lambda = 0,04$ , а  $\psi = 0,96$ .

На рис. 12 зображений бак насосної станції з фільтраційною установкою на зливні гідросистеми універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача.

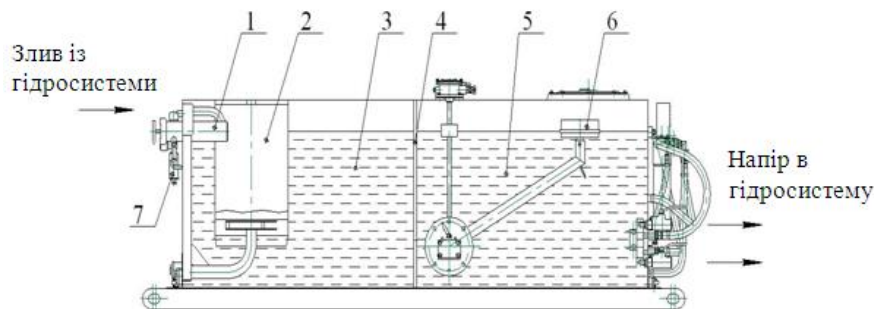


Рис. 12. Бак насосної станції з фільтраційною установкою на зливні гідросистеми:

1 – зливальні фільтри; 2 – заспокоювач потоку з екраном; 3 – камера попереднього відстою; 4 – перегородка із прорізами; 5 – поплавкова камера; 6 – поплавець із усмоктувальним патрубком; 7 – реле тиску

Установка змонтована усередині бака й складається із двох грязьових фільтрів 1 (з тонкістю фільтрації 100-300 мкм), які здійснюють первісне очищення і легкодоступні для відходу, і обладнання, що забезпечує попередній відстій рідини. Уся рідина, що зливається в бак, через загальний колектор і заспокоювач потоку, укриту екраном 2 для вловлювання повітряних пухирців, надходить у камеру попереднього відстою 3. За рахунок зниження швидкості й зміни напрямку потоку відбувається випадання в осад великих твердих часток, які не були затримані фільтрами. Відстійна камера відділена від іншої частини бака перегородкою 4 із прорізами у дні. Через них рідина надходить у поплавкову камеру 5, де продовжується випадання в осад більш дрібних часток.



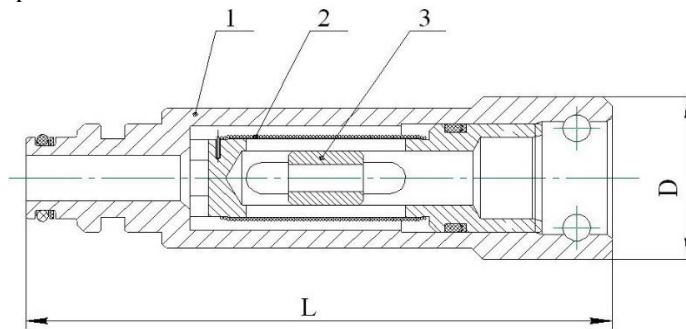


Завдяки розташуванню усмоктувального патрубку на поплавці б осівші на дно частки не втягуються у вихідний з бака потік і змиваються із дна бака при його очищенні. При перепаді тиску на фільтрах 1 понад 0,3 МПа реле тиску 7 відключає станцію.

Крім фільтраційних установок, на вході в кожену секцію *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача* встановлені секційні фільтри щільного типу з тонкістю фільтрації до 50 мкм, також пристосовані для промивання протivotоком. Їх прийнято називати фільтрами «останнього шансу», тому що вони забезпечують додатковий захист керуючої гідравліки *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача* від забруднень у випадку їх влучення за *предвключений* фільтр.

Необхідність у створенні фільтра викликана тим, що встановлені в колекторах секцій *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача* звичайні сітчасті фільтри не забезпечують необхідну тонкість фільтрації, швидко засмічуються, створюють додатковий опір при протіканні робочої рідини й сповільнюють виконання операцій, а промивати їх надзвичайно складно. Усе, як правило, закінчується тим, що фільтр повністю руйнується і його фрагменти додатково засмічують гідросистему секції.

Конструкція фільтра представлено на рис. 13 [16]. У корпусі міститься фільтруючий елемент сталевий каркас, що представляє собою, із прорізами для проходу рідини й з навитою на нього латунним дротом, його кінцеві витки припаяні до каркаса. Фільтруюча щілина 0,05 мм утворюється, як різниця між кроком різі M18× 0,75 і діаметром дроту 0,7 мм. Спіраль із такого дроту значно міцніше тонкої сітки. Стендові випробування показали перевагу фільтра в порівнянні з аналогічним сітчастим закордонного виробництва.



**Рис. 13. Фільтр: 1 – корпус; 2 – фільтруючий елемент**

При однакових габаритах, номінальному тиску й тонкості фільтрації фільтр має низький гідравлічний опір і допускає роботу у випадку більш високому перепаді тиску, якщо забруднений фільтруючий елемент. Легко промивається протivotоком рідини.

Приєднувальні розміри хвостовика й гнізда фільтра відповідають розмірам стандартних безрізьбових з'єднань із умовним проходом 12 мм. На секціях *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача* фільтр хвостовиком вставляють у гніздо колектора, через яке в гідросистему секції надходить робоча рідина з напірного магістрального трубопроводу. До гнізда фільтра приєднують рукав, що йде до гідроблоку керування секції *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача*.

При виконанні операцій по керуванню секціями *універсального гідравлічного автомобілерозвантажувача* в стійки, домкрати, що управляють, секціями й іншим обладнанням надходить відфільтрована робоча рідина. У міру забруднення секційних фільтрів операції вповільнюються й з'являється необхідність у їхнім очищенні. Для цього треба закрити кульовий кран, установлений між колектором і секційним фільтром, від'єднати від нього фільтр із рукавом, кінець якого приєднати до крана й, відкривши кран на 1-2 с, промити фільтр протivotоком з викидом фільтрату через вільний кінець фільтра на ґрунт за заднє огороження секції.

## 6. Висновки

Розроблено комплексну систему фільтрації робочої рідини для замкнених гідросистем сільськогосподарського обладнання.

Виявлено, що основою створених і впроваджуваних систем фільтрації є фільтраційні установки в напірні магістралі, в тому числі з автоматичним промиванням, які забезпечують тонкість

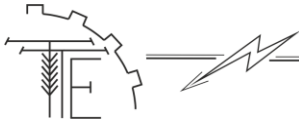


фільтрації до 50 мкм, фільтрувальні елементи яких мають високу міцність, надійність і здатні до промивання протипотоком при робочому тиску гідросистеми.

Розроблена комплексна система фільтрації для замкнених гідросистем сільськогосподарського обладнання дозволить підвищити надійність керуючої гідравліки не менше, ніж в два рази, скоротити дорого вартісні прості техніки із-за гідроабразивного зносу герметичних елементів гідроапаратури.

#### Список використаних джерел

1. Ratushna N., Mahmudov I., Kokhno A. Методичні підходи до створення нової сільськогосподарської техніки у відповідності з вимогами ринку наукоємної продукції. *MOTROL*. 2007. № 9А. С. 119–123.
2. Іванов М. І., Шаргородський С. А., Руткевич В. С. Підвищення експлуатаційної ефективності блочно-порційного вивантажувача консервованих кормів шляхом гідрофікації привода робочих органів. *Промислова гідравліка і пневматика*. 2013. №1(39). С. 91–96.
3. Фінкельштейн З. Л., Андренко П. М., Дмитрієнко О. В. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навч. посіб. Харків : Видавничий центр. НТУ «ХПІ», 2014. 308 с.
4. Мочалин Е. В., Халатов А. А. Проблемы промышленной очистки жидкостей от механических загрязнений и применение ротационных фильтров. *Промышленная теплотехника*. 2009. Т.31, №2. С. 57–69.
5. Ivanov M. I., Rutkevych V. S., Kolisnyk O. M., Lisovoy I. O. Research of the influence of the parameters of the block-portion separator on the adjustment range of speed of operating elements. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 57/1. P. 37–44.
6. Рыбаков К. В., Коваленко В. П., Борзенко В.А. Пути совершенствования систем обеспечения чистоты нефтепродуктов на складах агропромышленных предприятий. *Энерготехнические средства сельскохозяйственного назначения и их технические системы*. Москва : Сборник научных трудов МИИСП, 1989, 113 с.
7. Колмаков Е. А., Кондрашов П. М., Зеньков И. В. Обзор конструкций фильтров в составе погружных электроцентробежных насосов при добыче нефти. *Вестник КузГТУ*. 2016. №1 (113). С.151–157.
8. Мочалин Е. В. Перспективы использования фильтров с вращающимся фильтроэлементом для очистки жидкостей от механических примесей. *Экотехнологии и ресурсосбережение*. 2004. № 4. С. 73–76.
9. Мочалин Е. В. Влияние конструкции фильтроэлемента ротационного фильтра на гидродинамический эффект очистки жидкости. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2007. № 5/3 (29). С. 46–51.
10. Логвинов Л. М. Техническая диагностика жидкостных систем технологического оборудования по параметрам рабочей жидкости. Москва : ЦНТИ «Поиск», 1992.
11. Лурье З. Я., Федоренко И. М. Исследование рабочего процесса мехатронного гидроагрегата системы смазки металлургического оборудования с учетом характеристик двухфазной жидкости. *MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2010. Vol. 12. С. 10–25.
12. Удлер Э. И., Кадочникова М. В. Средства фильтрации для мобильных машин и механизмов, эксплуатируемых при пониженных температурах. Тез. докл. международной конференции, Тюмень, 1996.
13. Фінкельштейн З. Л., Бойко Л. Н. Снижение загрязненности водных ресурсов за счет применения гидродинамических фильтров. *Промислова гідравліка і пневматика*. 2003. № 2. С. 28–32.
14. Сёмин Д. А., Роговой А. С. Влияние типа и размера расчетных сеток на точность расчета течений в вихрекамерных нагнетателях. *Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія : Гідравлічні машини та гідроагрегати*. 2016. №. 41. С. 70–77.
15. ДСТУ 4106:2002. Оливи мастильні. Номенклатура показників. [Чинний від 01.01.2003]. Вид. офіц. Київ : Управління Держспоживстандарту, 2003. 25 с. (Національний стандарт України).
16. Фильтроэлемент щелевого типа : пат. 36727 Украины: МПК (2007), E21D23/16, B01D29/48. 2008 05122; заявл. 21.04.08; опубл. 10.11.08, Бюл. № 21. 4с.



## References

- [1] Ratushna, N., & Mahmudov, I., & Kokhno, A. (2007). Metodichni pidkhody do stvorennia novoi silskohospodarskoi tekhniki u vidpovidnosti z vymohamy rynku naukoiemnoi produktsii [Methodical approaches to the creation of new agricultural machinery in accordance with the demands of the market of science-intensive products]. *MOTROL*, 9. 119–123 [in Ukrainian].
- [2] Ivanov, M.I., & Sharhorodskiy, S.A., & Rutkevych, V.S. (2013). Pidvyshchennia efektyvnosti blochno-portsiinoho vyvantazhuvacha konservovanykh kormiv shliakhom hidrofikatsii pryvoda robochnykh orhaniv [Improving the operational efficiency of the block-batch unloader of canned fodder by hydration of the drive of working bodies.]. *Promyslova hidravlika i pnevmatyka – Industrial hydraulics and pneumatics*. №1(39). 91–96 [in Ukrainian].
- [3] Finkelshtein, Z.L., & Andrenko, P.M., & Dmitrienko, O.V. (2014). *Ekspluatatsiia, obsluhovuvannia ta nadiinist hidravlichnykh mashyn i hidropryvodiv [Operation, maintenance and reliability of hydraulic machines and hydraulic drives]*. Kharkiv : Vydavnychiy tsentr. NTU “KhPI” [in Ukrainian].
- [4] Mochalin, E.V., & Khalatov, A.A. (2009). Problemy promyshlennoi ochistki zhidkosti ot mekhanicheskikh zahriaznenii i primenenie rotatsionnykh filtrov [Problems of industrial purification of liquids from mechanical pollution and application of rotary filters]. *Promyshlennaia teplotekhnika – Industrial heat engineering*. T.31, №2. 57-69 [in Russian].
- [5] Ivanov, M.I., & Rutkevych, V.S., & Kolisnyk, O.M., & Lisovoy, I.O. (2019). Research of the influence of the parameters of the block-portion separator on the adjustment range of speed of operating elements. *INMATEH - Agricultural Engineering*. Vol. 37–44[in Romania].
- [6] Rybakov, K.V., & Kovalenko, V.P., & Borzenko, V.A. (1989). Puti sovershenstvovaniia sistem obespecheniia chistoty nefteproduktov na skladakh ahropromyshlennykh predpriatii [Ways to improve the systems for ensuring the purity of petroleum products in the warehouses of agricultural enterprises]. *Enerhotekhnicheskie sredstva sel'skokhoziaistvennogo naznacheniiia i ikh tekhnicheskie sistemy – Energy equipment for agricultural purposes and their technical systems*. Moskva: Sbornik nauchnykh trydov MIISP, 113 [in Russian].
- [7] Kolmakov, E. A., & Kondrashov, P. M., & Zenkov, I. V. Obzor konstruksii filtrov v sostave pohruzhenykh elektrosentrobezhnykh nasosov pri dobyche nefi [Overview of structures filters as a part of submersible electrocentrifugal pumps at oil production]. *Vestnik KuzHTU – Bulletin of KuzSTU*. 2016. №1 (113). 151–157[in Russian].
- [8] Mochalin, E. V. (2004). Perspektivy ispolzovaniia filtrov s vrashchaiushchimsia filtroelementom dlia ochistki zhidkosti ot mekhanicheskikh primesei [Prospects for the use of filters with a rotating filter element for cleaning liquids from mechanical impurities]. *Ekotekhnologii i resursosberezhenie – Ecotechnology and resource conservation*. 4. 73–76 [in Russian].
- [9] Mochalin, E.V. (2007). Vliianie konstruksii filtroelementa rotatsionnogo filtra na hidrodinamicheskii efekt ochistki zhidkosti [Influence of the design of the filter element of the rotary filter on the hydrodynamic effect of liquid purification]. *Vostochno-evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii – Eastern European Journal of Advanced Technologies*. № 5/3 (29). 46–51 [in Ukrainian].
- [10] Lohvinov, L. M. (1992). *Tekhnicheskaia diahnostika zhidkostnykh sistem tekhnologicheskogo oborudovaniia po parametram rabochei zhidkosti [Technical diagnostics of liquid systems of technological equipment according to the parameters of the working liquid]*. Moskva: TsNTI «Poisk» [in Russian].
- [11] Lurye, Z. Ya, & Fedorenko, I. M. (2010). Issledovanie rabocheho protsessa mekhatronnogo gidroagregata sistemy smazki metalurgicheskogo oborudovaniya s uchetom kharakteristik dvukhfaznoy zhidkosti [Study of the working process of a mechatronic hydraulic unit of a lubrication system of metal-lurgical equipment with regard to the characteristics of two-phase fluid]. *MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 12, 10–25 [in Poland].
- [12] Udler, E.I., & Kadochnikova, M.V. (1996)/ Sredstva filtratsii dlia mobilnykh mashin i mekhanizmov, ekspliatiruemykh pri ponizhenykh temperaturakh. *Tez. dokl. mezhdunarodnoi konferentsii, Tiumen*. 56–59 [in Russian].
- [13] Finkelshtein, Z.L., & Boiko, L.H. (2003). Snizhenie zahriaznennosti vodnykh resursov za schet primeneniia hidrodinamicheskikh filtrov [Reducing pollution of water resources through the use of hydrodynamic filters]. *Promyslova hidravlika i pnevmatyka – Industrial hydraulics and pneumatics*. 2. 28–32 [in Ukrainian].



- [14] Semin, D. A., & Rohovoi, A. S. (2016). Vliianie tipa i razmera raschetnykh setok na tochnost rascheta techenii v vikhrekamernykh nahnetateliakh [Influence of the type and size of computational grids on the accuracy of calculating flows in vortex-chamber blowers]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu KhPI. Seriya: Hidravlichni mashyny ta hidroahrehaty – Bulletin of the National Technical University of KhPI. Series: Hydraulic machines and hydraulic units.* 41. 70–77 [in Ukrainian].
- [15] Olyvy mastylni. Nomenklatura pokaznykiv. (2003). DSTU 4106:2003. from 1 January 2003. Kyiv : Derzhspozhyvstandart. [in Ukrainian].
- [16] Pat. КМ 36727 Ukraina. (2008). Filtroelement shchelevoho tipa [Slotted filter element]. Publ. 10.11.2008 [in Ukrainian].

### КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ЗАМКНУТЫХ ГИДРОСИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*В статье рассматривается вопрос повышения долговечности и безотказности агрегатов замкнутых гидросистем сельскохозяйственного оборудования за счет обеспечения чистоты рабочей жидкости. Приведен анализ существующих систем фильтрации рабочей жидкости для замкнутых гидросистем сельскохозяйственного оборудования. Отмечено, что основой созданных и внедряемых систем фильтрации является фильтрационные установки в напорной магистрали, в том числе с автоматической промывкой, которая обеспечивает тонкость фильтрации до 50 мкм, фильтрующие элементы которой имеют высокую прочность, надежность и способны к промыванию противотоком при рабочем давлении гидросистемы.*

*Предложенная комплексная система фильтрации рабочей жидкости для замкнутых гидросистемах сельскохозяйственного оборудования. Система фильтрации рабочей жидкости предусматривает использование фильтров с обратной промывкой противотоком и фильтрационных элементов с целевидной латунной проволокой круглого сечения. Общая длина фильтрационной щели одного фильтрационного элемента шириной 0,05 мм составляет 40 м.*

*В фильтре предусмотрена пассивная технология очистки – промывание противотоком, как наиболее простая по конструкции, несложная в изготовлении и в достаточной степени эффективна и дешевая.*

*Особенностью фильтрационной установки является возможность промывки ее фильтрационных элементов противотоком рабочей жидкости. Сигналом для промывания является возникновение перепада давления на фильтре, по которому можно судить о степени загрязнения и показания манометров, установленных на входе и выходе замкнутой гидравлической системы сельскохозяйственного оборудования.*

*Отмечено, что разработана комплексная система фильтрации для замкнутых гидросистем сельскохозяйственного оборудования позволит повысить надежность управляющей гидравлики не менее, чем в два раза и сократить дорогостоящие простой сельскохозяйственной техники из-за неисправности герметичных элементов гидроаппаратуры.*

**Ключевые слова:** гидравлический привод, рабочая жидкость, фильтрующая установка, фильтр, очистка, насосная станция, надежность, универсальный гидравлический автомобилеразгрузчик.

**Табл. 2. Рис. 13. Лит. 16.**

### COMPREHENSIVE FILTRATION SYSTEM FOR CLOSED HYDROSYSTEMS OF AGRICULTURAL EQUIPMENT

*The article the issue of increasing the durability and reliability of units of closed hydraulic systems of agricultural equipment by ensuring the purity of the working fluid is considered. The analysis of existing systems of filtration of working liquid for the closed hydraulic systems of the agricultural equipment is resulted. It is noted that the basis of the created and implemented filtration systems are filtration installations in pressure mains, including with automatic washing, which provide filtration fineness up to 50 μm, filter elements which have high strength, reliability and are capable of countercurrent washing at working pressure of hydraulic system.*

*The complex system of filtration of working liquid for the closed hydraulic systems of the agricultural equipment is offered. The filtration system of the working fluid provides for the use of filters*



with backwash and filtration elements with a slit-like brass wire of round cross section. The total length of the filtration gap of one filtration element with a width of 0.05 mm is 40 m

The filter provides passive cleaning technology - countercurrent flushing, as the simplest in design, easy to manufacture and sufficiently efficient and cheap.

Feature of the filtration installation is a possibility of washing of its filtration elements by a countercurrent of working liquid. The signal for flushing is the occurrence of a pressure drop on the filter, which can be used to judge the degree of contamination and the readings of manometers installed at the inlet and outlet of a closed hydraulic system of agricultural equipment.

It is noted that the developed complex filtration system for closed hydraulic systems of agricultural equipment will increase the reliability of control hydraulics at least twice and reduce costly downtime of agricultural machinery due to failure of sealed elements of hydraulic equipment.

**Key words:** hydraulic drive, working fluid, filter unit, filter, cleaning, pumping station, reliability, universal hydraulic forklift.

**Table. 2. Pic. 13. Ref. 16.**

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Гулько Ірина Василівна** – кандидат технічних наук, доцент, віце-президент навчально-науково-виробничого комплексу «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: [maniy@ukr.net](mailto:maniy@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-5470-7413>).

**Стаднік Микола Іванович** – доктор технічних наук, професор кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: [stadnik1948@gmail.com](mailto:stadnik1948@gmail.com), ).

**Шаргородський Сергій Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: [sergey20@vsau.vin.ua](mailto:sergey20@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0003-2125-773X> ).

**Руткевич Володимир Степанович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [v\\_rut@ukr.net](mailto:v_rut@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-6366-7772> ).

**Гулько Ирина Васильевна** – кандидат технических наук, доцент, вице-президент учебно-научно-производственного комплекса «Всеукраинский научно-учебный консорциум» (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: [maniy@ukr.net](mailto:maniy@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-5470-7413> ).

**Стадник Николай Иванович** – доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: [stadnik1948@gmail.com](mailto:stadnik1948@gmail.com), ).

**Шаргородский Сергей Анатолійович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и оборудование сельскохозяйственного производства» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: [sergey20@vsau.vin.ua](mailto:sergey20@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0003-2125-773X>).

**Руткевич Владимир Степанович** – кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования сельскохозяйственного производства Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: [v\\_rut@ukr.net](mailto:v_rut@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-6366-7772> ).

**Gunko Iryna** – PhD, Associate Professor, Vice-President of the Training, Research and Production Complex "All-Ukrainian Scientific-Training Consortium" (3 Solnechnaya St, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: [maniy@ukr.net](mailto:maniy@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-5470-7413>).

**Stadnik Mykola** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Department of Electric Power, Electrical Engineering and Electromechanics" of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: [stadnik1948@gmail.com](mailto:stadnik1948@gmail.com) ).

**Shargorodskiy Serhiy** – PhD, Associate Professor of the Department "Machinery and Equipment of Agricultural Production" of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: [sergey20@vsau.vin.ua](mailto:sergey20@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0003-2125-773X>).

**Rutkevych Volodymyr** – PhD, Associate Professor of the Department of Machinery and Equipment for Agricultural Production of Vinnytsia National Agrarian University (Sonyachna Str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: [v\\_rut@ukr.net](mailto:v_rut@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-6366-7772> ).