

УДК 626.6.9; 621.7.01

Сиротинський О. А., к.т.н., доцент, Прокопчук Н. М., доцент, Форсюк С. Л., асистент, Гнатюк Д. Ю., студент, Мельникович Є. В., студент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ПРОМИВАННЯ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВІДІВ

Представлені обґрунтування та дослідження технологічних параметрів процесу гідродинамічної промивання дренажних трубопроводів.

Ключові слова: Технологічні параметри, процес, гідродинамічна промивка, дренажні трубопроводи.

Останнім часом спостерігається значне скорочення меліоративного будівництва і різке зменшення засобів, що виділяються на проведення робіт з підтримки існуючих меліоративних систем у робочому стані. Незважаючи на це, проводяться науково-дослідні роботи з розробки й впровадження передових енергозберігаючих і екологічно безпечних технологій у процес експлуатації меліоративних систем.

За даними Державного комітету водного господарства України на території нашої країни функціонує понад 2060 тис. км. дренажно-колекторної мережі, у якій щороку відкладається близько 200 тис. м³ мулу й вохри, що істотно знижує ефективність її роботи.

При експлуатації різного роду трубопроводів, в тому числі й дренажних, виникає необхідність очистки від забруднень їх внутрішньої поверхні. Труднощі виникають, якщо забрудненням властива висока адгезійна здатність до поверхні трубопроводів. Прикладом таких забруднень можуть бути відкладення вохри (окису заліза) у трубопроводах як гончарних, так і пластмасових.

Для вирішення проблеми ефективного очищення дренажних ліній від мулових наносів та відкладень вохри, колективом кафедри будівельних і меліоративних машин НУВГП запропонована, досліджена та впроваджена у виробництво нова технологія та конструкція пристрою для гідродинамічного промивання дренажних трубопроводів, який ві-

дповідас вимогам підвищення ефективності та продуктивності робочого процесу, екологічної безпеки.

Технологія базується на машині для промивання дренажних колекторів МПД-10, розробленій спільно Національним університетом водного господарства та природокористування з АТ ДСПКТБ “Поиск” (м. Бобруйськ, Республіка Беларусь), випуск якої налагоджений на АТ Бобруйськагроماش.

Проведені лабораторні дослідження пристрою для гідродинамічного промивання дренажних трубопроводів дали змогу створити передумови для подальшого вдосконалення його конструкції з метою зниження питомих витрат промивної рідини шляхом відключення фронтально-вихрового сопла у випадках відсутності у трубопроводі наносів, які заважають просуванню пристрою.

Новий пристрій для гідродинамічного промивання дренажних трубопроводів (див. рис. 1) складається з штуцера 1 з каналом підведення води 2 та реактивними соплами 3, корпусу 4, в якому за допомогою фіксаторів 5 встановлено обтікач 6 із забірними каналами 7, кільцевої насадки 8, додаткового рухомого корпусу 9 з бічними отворами 10, втулки 11, яка разом з обтікачем утворює кільцеву проточку 12, муфти 13, вихрового сопла 14 з гвинтовими каналами 15, кільцевого щілинного сопла 16.

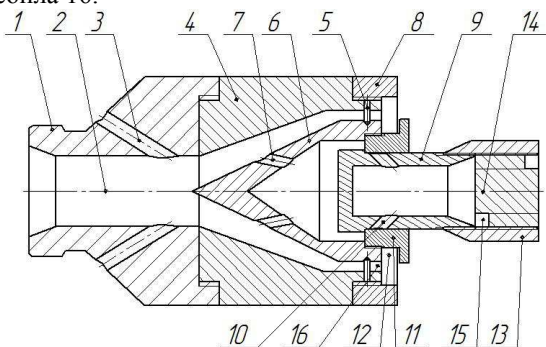


Рис. 1. Новий пристрій для гідродинамічного промивання дренажних трубопроводів: 1 – штуцер; 2 – канал підведення води; 3 – реактивні сопла; 4 – корпус; 5 – фіксатори; 6 – обтікач; 7 – забірні канали; 8 – кільцева насадка; 9 – додатковий рухомий корпус; 10 – бічні отвори; 11 – втулка; 12 – проточка; 13 – муфта; 14 – вихрове сопло; 15 – гвинтові канали; 16 – кільцеве щілинне сопло

Пристрій працює наступним чином.

Вода подається через канал підведення води 10 до реактивних со-

пел 11, обтікача 3 та через забірні канали 12 до рухомого корпусу 7. За допомогою реактивних сопел 11 створюється тяга, яка просуває пристрій в трубопроводі. При відсутності наносів, які заважають просуванню пристрою, рухомий корпус 7 разом з вихровим соплом 9 виштовхується потоком рідини, що пройшов через забірні канали 12, в крайнє переднє положення. При цьому бокові отвори 13 в рухомому корпусі 7 перекриваються втулкою 6, в результаті чого промивна рідина до вихрового сопла 9 не потрапляє, а проходить лише до кільцевого щільного сопла 14, в якому генерується кавітаційний потік, що, в свою чергу, очищує стінки трубопроводу від відкладень вохри.

При збільшенні кількості наносів пристрій для очищення дренажних трубопроводів випирається фронтальною поверхнею вихрового сопла 8 в перешкоду та зупиняється. В той час решта промивного пристрою продовжує рухатись по трубопроводу, в результаті рухомий корпус 7 разом з вихровим соплом 8 переходить в крайнє заднє положення. При цьому бокові отвори 13 рухомого корпусу 7 зміщуються відносно втулки 6 та відкриваються. В результаті чого промивна рідина через забірні канали 12 та бокові отвори 13 рухомого корпусу 7 до гвинтових проточок 16 вихрового сопла 9. При цьому перед промивним пристроєм додатково до кавітаційного промивного потоку та реактивних струмин формується гвинтовий потік, який розмиває наноси.

Струмини води, витікаючи з реактивних сопел 13, змивають залишки відкладень вохри та мулових наносів зі стінок до гирла дрени чи дренажного колодезя та створюють реактивну тягу, що просуває пристрій в дрени.

1. Гідравлічний розрахунок пристрою для промивання дренажних трубопроводів

Спільна робота кільцевого щільного, фронтально-вихрового та тильних сопел дає змогу поєднати гідравлічне руйнування зв'язків між частинками мулових наносів та відкладень вохри з процесом гідродинамічного (гідрокавітаційного) очищення, та призводить до виникнення пульсацій тиску, які викликають вібрацію корпусу пристрою та розповсюджуючись по шлангу, зменшують силу тертя між поверхнями дренажного трубопроводу та напірного шланга, знижуючи необхідне для просування пристрою тягове зусилля, що значно підвищить продуктивність процесу очищення.

З метою визначення загальної інтенсивності промивної рідини Q та швидкості промивних струмин v_2 та v_3 , реактивного зусилля R , яке сприяє руху пристрою в трубопроводі були проведені його гідравлічні

розрахунки.

На рис. 2 представлена схема для гідравлічних розрахунків пристрою для очищення дренажних трубопроводів.

Швидкості промивних струмин, утворених за допомогою реактивних, фронтально-вихрового та кільцевого щілинного сопел відповідно визначаються за залежностями

$$v_1 = Q_1 / \omega_1, v_2 = Q_2 / \omega_2 \text{ та } v_3 = Q_3 / \omega_3, \quad (1)$$

де $Q_1, Q_2, Q_3, \omega_1, \omega_2, \omega_3$ – витрати та площі поперечних перерізів відповідно одного реактивного сопла, гвинтового каналу фронтально-вихрового та кільцевого щілинного сопел.

Загальна інтенсивність рідини, що подається на очищення трубопроводу:

$$Q = n \cdot Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (2)$$

де n – кількість отворів для створення реактивного зусилля R .

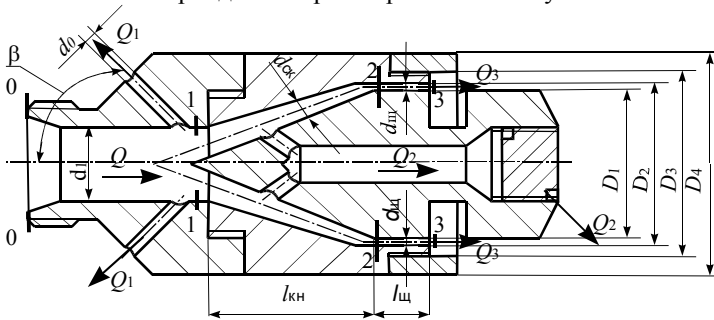


Рис. 2. Схема для гідравлічних розрахунків пристрою для промивання дренажних трубопроводів

Нехтуючи швидкісним напором в каналі для подачі загальної витрати Q , витрату Q_1 можна обчислити за формулою

$$Q_1 = \mu_1 \omega_1 \sqrt{2g \frac{P_1}{\rho g}}, \quad (3)$$

де μ_1 – коефіцієнт витрати, значення якого оцінюємо за формулою

$$\mu_1 = \frac{1}{\sqrt{\zeta_{\%o} + \zeta_{\%oш} + \lambda_1 \frac{l_1}{d_1}}}, \quad (4)$$

де $\zeta_{\%o}, \zeta_{\%oш}$ – коефіцієнти місцевих опорів відповідно на вході та ви-

ході проточного каналу, площа якого ω_1 , для подачі витрати Q_1 ; λ_1 – гідравлічний коефіцієнт тертя проточного каналу довжиною l_1 та діаметром d_1 .

В наближених розрахунках можна прийняти $\mu_1 = 0.65 \dots 0.70$.

Витрату Q_2 визначаємо за формулою

$$Q_2 = \mu_2 \omega_2 \sqrt{2g \frac{\Delta P_c}{\rho g}}, \quad (5)$$

де ΔP_c – різниця манометричних тисків на вході та виході з гвинтового каналу фронтально-вихрового сопла; μ_2 – коефіцієнт витрати гвинтового каналу

$$\mu_2 = \frac{1}{\sqrt{\zeta_{\%o} + \zeta_{\%oIII} + \lambda_c \frac{l_c}{d_{Ibc}}}}, \quad (6)$$

де $\zeta_{\%o}$, $\zeta_{\%oIII}$ – коефіцієнти місцевих опорів відповідно на вході та виході з гвинтового каналу, (наближено можна прийняти $\zeta_{ax}=0.5$; $\zeta_{vax}=1$), λ_c – гідравлічний коефіцієнт тертя, що визначається за формулою [5]:

$$\lambda_c = \frac{6,8 + 28\varepsilon}{\text{Re}^{0,615}}, \quad (7)$$

де $\varepsilon = d_{Ibc}/D$ – відносна кривизна потоку в каналі; D – діаметр спіралі; $d_{Ibc} = 4R_c$ – еквівалентний діаметр гвинтової щілини; $R_c = \omega_c/\chi_c$ – гідравлічний радіус гвинтової щілини, площа поперечного перерізу якої ω_c , а змочений периметр χ_c .

Враховуючи межі $\zeta_{\%o}$, $\zeta_{\%oIII}$ та можливі розміри гвинтової щілини, значення коефіцієнта μ_2 може бути в межах $0,65 \dots 0,70$.

Для визначення витрати Q_3 кільцевого щілинного сопла складаємо рівняння Бернуллі для перерізів 1-1 та 3-3 (рис. 5) відносно осі порівняння, що збігається з віссю симетрії пристрою:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = \frac{P_3}{\rho g} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + h_{W(1-3)}, \quad (8)$$

де $h_{W(1-3)}$ – втрати напору між живими перерізами 1-1 і 3-3 виразимо через швидкість v_3 на виході з кільцевої щілини:

$$h_{w(1-3)} = \left[\zeta_{\%0} \left(\frac{d_k}{d_1} \right)^4 + \zeta_{\%0} + \lambda_{\%} \frac{l_b}{d_{cb}} \left(\frac{d_k}{d_{-b}} \right)^4 + \lambda_k \frac{l_k}{d_k} - \alpha_1 \left(\frac{d_k}{d_1} \right)^4 \right] \frac{v_3^2}{2g}, \quad (9)$$

де $\zeta_{\%0}$ – коефіцієнт опору на вході в конусну щілину; $\zeta_{\%0}$ – коефіцієнт місцевого опору на повороті (переріз 2-2); $d_{ш} = (D_2 - D_1)/2$ – товщина щілини в перерізі 3-3; d_1 – діаметр каналу в перерізі 1-1; $d_{-b} = \left(\frac{d_1}{2} + d_k \right) / 2$ – середня товщина конусної щілини між перерізами 1-1 і 2-2; $\lambda_{\%}$ – середнє значення гідравлічного коефіцієнта тертя в конусній щілині між перерізами 1-1 і 2-2; $l_{кн}$ – довжина потоку між перерізами 1-1 і 2-2; λ_k – гідравлічний коефіцієнт тертя в щілині між перерізами 2-2 і 3-3; $l_{ш}$ – довжина потоку між перерізами 2-2 і 3-3; α_1 і α_2 – коефіцієнти кінетичної енергії в живих перерізах 1-1 і 3-3 (при розрахунках можна прийняти $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$).

Враховуючи вирази (8) і (9), отримуємо формулу для визначення витрати Q_3 , тобто

$$Q_3 = \mu_3 \omega_3 \sqrt{2g \frac{P_1 - P_3}{\rho g}}, \quad (10)$$

де $\omega_3 = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2)$ – площа щілини в перерізі 3-3; μ_3 – коефіцієнт витрати

$$\mu_3 = \frac{1}{\sqrt{\zeta_3}}, \quad (11)$$

де ζ_3 – сумарний коефіцієнт гідравлічного опору системи між перерізами 1-1 і 3-3:

$$\zeta_3 = \zeta_{\%0} \left(\frac{d_k}{d_1} \right)^4 + \zeta_{\%0} + \lambda_{\%} \frac{l_b}{d_{cb}} \left(\frac{d_k}{d_{-b}} \right)^4 + \lambda_k \frac{l_k}{d_k} - \alpha_1 \left(\frac{d_k}{d_1} \right)^4, \quad (12)$$

Зміст параметрів, які входять в формулу (12) той же самий, що в формулі (9).

Для визначення реактивного зусилля, яке обумовлюється витратами Q_l припустимо, що струмина симетрично розширюється на поверхні трубопроводу. Тоді зусилля, що створює додаткову виштовхувальну силу можна визначити за формулою

$$R = n \rho Q_l v_1 \cos \beta = n \rho \omega v_1^2 \cos \beta, \quad (13)$$

де n – кількість проточних каналів, що подають витрати Q_l ; β – кут нахилу струмини до осі пристрою.

2. Гідравлічний розрахунок нового пристрою для гідродинамічного (гідрокавітаційного) промивання дренажних трубопроводів

Гідравлічний розрахунок **нового** пристрою для гідродинамічного (гідрокавітаційного) промивання дренажних трубопроводів проводиться аналогічно до розрахунку, наведеного в п. 1 з врахуванням того, що в його конструкції передбачено два робочих положення:

- **в першому положенні** при відсутності наносів, які заважають просуванню пристрою, вихрове сопло разом з додатковим рухомим корпусом знаходиться в крайньому висунутому (передньому) положенні. При цьому бокові отвори в додатковому рухомому корпусі перекриті втулкою, в результаті чого промивна рідина до вихрового сопла не потрапляє, а через канал підведення промивної рідини проходить лише до реактивних сопел та через обтікач до кільцевого щільного сопла, в якому генерується кавітаційний потік, що, в свою чергу, очищує стінки трубопроводу від відкладень вохри;

- **в другому положенні**, коли пристрій для очищення дренажних трубопроводів впирається фронтальною поверхнею вихрового сопла в наноси, додатковий рухомий корпус разом з вихровим соплом зміщується в крайнє заднє положення. При цьому бокові отвори рухомого корпусу зміщуються відносно втулки та відкриваються. В результаті чого промивна рідина через канал підведення промивної рідини проходить як до реактивних сопел та кільцевого щільного сопла, так і через забірні канали та бокові отвори додаткового рухомого корпусу до гвинтових проточок вихрового сопла. При цьому перед промивним пристроєм додатково до кавітаційного промивного потоку та реактивних струмин формується гвинтовий потік, який розмиває наноси.

Гідравлічний розрахунок **нового** пристрою для гідродинамічного (гідрокавітаційного) промивання дренажних трубопроводів проводиться аналогічно до розрахунку, наведеного в п. 1 (друге робоче положення).

В першому положенні гідравлічний розрахунок **нового** пристрою для гідродинамічного (гідрокавітаційного) промивання дренажних трубопроводів проводиться аналогічно до розрахунку, наведеного в п. 1. без урахування витрати Q_2 (див. рис. 2).

Результати проведених теоретичних досліджень наведені на рис. 3.

Висновки. Внаслідок проведених досліджень було встановлено, що запропонований пристрій для очищення дренажних трубопроводів забезпечує зниження питомих витрат промивної рідини шляхом відключення фронтально-вихрового сопла у випадках відсутності у трубо-

проводі наносів, які заважають просуванню пристрою, що, в свою чергу, здешевлює виконання робіт.

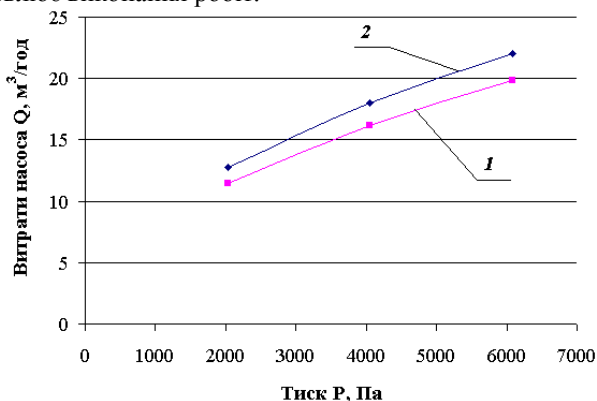


Рис. 3. Графік витрат промивної рідини для традиційного та нового пристроїв гідродинамічного промивання дренажних трубопроводів:
1 – новий пристрій; 2 – традиційний пристрій

1. Хруцкая З. Я. Заиление дренажа железистыми соединениями. – М. : Колос, 1970. – 96 с. 2. Сиротинський О. А., Кристопчук М. С., Сухарев Е. О., Науменко І. І., Дейнега О. В. Скоблюк М. П. Пристрій для очищення дренажних трубопроводів Деклараційний патент на винахід України № 34924, Бюл. № 2. – 2001 р.

Рецензент: д.т.н., професор Кравець С. В. (НУВГП)

Syrotynskyi O. A., Candidate of Engineering, Associate Professor, Prokopchuk N. M., Associate Professor, Forsiuk S. L., Assistant, Hnatiuk D. Y., Senior Student, Melnykovich E. V., Senior Student (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

JUSTIFICATION AND INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF HYDRODYNAMIC FLUSHING DRAINAGE PIPELINES

Reasoning and research of technological parameters of the processing hydrodynamic washing drainage pipelines are presented.

Keywords: Technological parameters, process, hydrodynamic washing, drainage pipelines.

Сиротинский А. А., к.т.н., доцент, Прокопчук Н. Н., доцент, Форсюк С. Л., ассистент, Гнатюк Д. Ю., студент, Мельникович Е. В., студент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОБОСНОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫВКИ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Наведены обоснование и исследования технологических параметров процесса гидродинамической промывки дренажных трубопроводов.

***Ключевые слова:* технологические параметры, процесс, гидродинамическая промывка, дренажные трубопроводы.**
