

Сиротинський О.А., к.т.н., доцент, Форсюк С.Л., асистент, Заєць В.В., стажист-дослідник (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВИХРО-КАВІТАЦІЙНОГО ПРОМИВНОГО ПРИСТРОЮ СІТЧАСТОГО ФІЛЬТРУ МАШИНИ МВМ-10

Стаття присвячена проблемі регенерації сітчастого фільтра, представлений промивний пристрій та його гідравлічний розрахунок.

Article is devoted to a problem of regeneration of the mesh filter, the washing device and its hydraulic calculation are submitted.

Одним з напрямків інтенсифікації процесів очищення води від механічних та колоїдних домішок є використання сітчастих установок різного типу. Основними елементами даних установок є різноманітні сітчасті матеріали.

При експлуатації сітчастого фільтру машини для внесення хімічних меліорантів МВМ-10 відбувається поступове чи механічне забивання комірок фільтруючого полотна, що досить часто призводить до ускладнення його регенерації.

Проведений аналіз існуючих способів регенерації фільтрів показав, що найбільш придатним є вихро-гідродинамічний, який базується на ефекті гідродинамічної кавітації, що протікає при конкретно визначених параметрах технологічного процесу. Спосіб поєднує у собі вихровий розмив з утворенням кавітаційної зони [0, 0, 0].

На кафедрі БДММіО НУВГП був розроблений промивний вихро-кавітаційний пристрій для регенерації сітчастого фільтру машини МВМ-10, принцип дії якого полягає в тому, що при проходженні потоку рідини через кавітатор, виконаний у формі сопла з обтікаючою передньою носовою частиною з гвинтовими виступами, утворюється каверна, що замикається безпосередньо в потоці далеко від робочих поверхонь апарата. Нестационарна хвостова частина каверни генерує поля кавітаційних мікро пухирців, що при захопленні інтенсифікують процеси масообміну й хімічні перетворення, що, в свою чергу, призводить до порушення структури шару забруднень, а отже, покращення його відокремлення від поверхні сітчастого фільтру.

Гвинтові виступи кавітатора змінюють характер руху потоку з прямолінійного на вихровий.

З метою визначення загальної інтенсивності промивної рідини Q_5 та швидкості промивних струмин V_5 нами були проведені гідравлічні розраху-

нки промивного пристрою.

На рисунку представлена схема до гідравлічних розрахунків промивного пристрою сітчастих фільтруючих елементів.

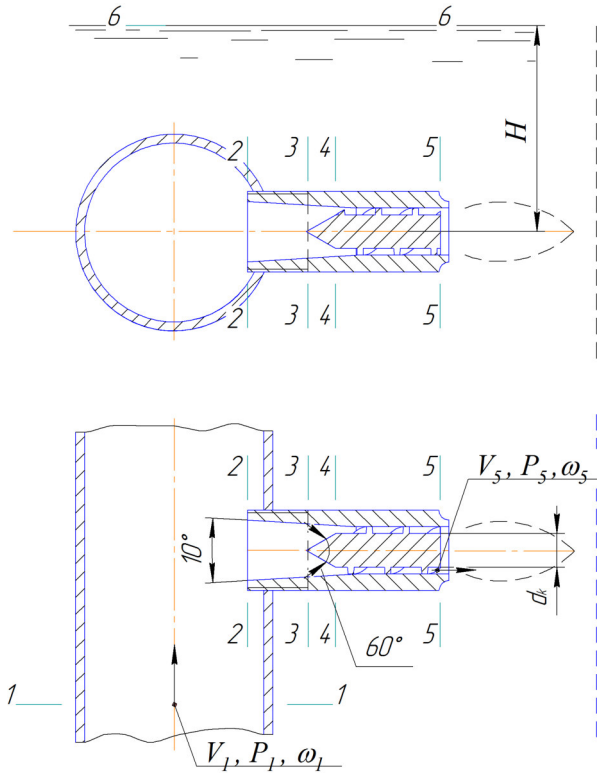


Рисунок. Розрахункова схема промивного пристрою

Витрати $Q_1 = Q_5$.

Складаємо рівняння Бернуллі для потоку промивної рідини між перерізами 1-1 та 6-6 відносно горизонтальної осі порівняння, яка збігається з віссю насадка.

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = H + \frac{P_6}{\rho g} + h_{W(1-6)}, \quad (1)$$

де $h_{W(1-6)}$ – сума втрат напору між живими перерізами 1-1 і 6-6;

$$h_{W(1-6)} = h_n + h_{кф} + h_{роз} + h_{зв} + h_{вих} \quad (2)$$

де h_n – втрати напору на повороті потоку; $h_{кф}$ – втрати напору в дифузійній частині сопла (між перерізами 2-2 і 3-3); $h_{роз}$ – втрати напору в розгалуженні (між перерізами 3-3 і 4-4); $h_{зв}$ – втрати напору в криволінійному водоводі (між перерізами 4-4 і 5-5); $h_{вих}$ – втрати напору при виході потоку із пристрою в середовище рідини.

Для гідравлічного розрахунку всі види втрат напору потрібно виразити через швидкість в криволінійному водоводі V_5 .

Використовуючи гідравлічне рівняння нерозривності, одержимо:

$$h_n = \zeta_n \left(\frac{\omega_5}{\omega_1} \right)^2 \frac{V_5^2}{2g}; \quad (3)$$

$$h_{кф} = \zeta_{кф} \left(\frac{\omega_5}{\omega_{с.кф}} \right)^2 \frac{V_5^2}{2g}; \quad (4)$$

$$h_{роз} = \zeta_{роз} \left(\frac{\omega_5}{\omega_p} \right)^2 \frac{V_5^2}{2g}; \quad (5)$$

$$h_{зв} = \zeta_{зв} \left(\frac{\omega_5}{\omega_{зв}} \right)^2 \frac{V_5^2}{2g}; \quad (6)$$

$$h_{вих} = \zeta_{вих} \frac{V_5^2}{2g}, \quad (7)$$

де ω_1 , $\omega_{с.кф}$, $\omega_{роз}$, $\omega_{зв}$ і ω_5 відповідно дорівнюють:

$$\omega_1 = \pi D^2 / 4; \quad (8)$$

$$\omega_{с.кф} = \frac{\pi}{4} D_{с.кф}^2; \quad (9)$$

$$D_{с.кф} = \frac{1}{2} (D_2 + D_4) \quad (10)$$

$$\omega_p = \frac{0,9 \cdot \pi}{4} (D_5^2 - d_k^2); \quad (11)$$

$$\omega_{зв} = \frac{0,9 \cdot \pi}{4} (D_5^2 - d_k^2); \quad (12)$$

$$\omega_5 = \omega_{зв}; \quad (13)$$

де ζ_n , $\zeta_{кф}$, $\zeta_{роз}$, $\zeta_{зв}$, $\zeta_{вих}$ – місцеві гідравлічні опори відповідно на повороті потоку, в конфузорній частині сопла, на розгалуженні, в криволінійному водоводі та виході потоку в рідину.

Якщо абсолютний тиск $P_6 = P_{атм}$, то з урахуванням залежностей (3.1)-(3.13), витрата рідини кавітатора дорівнює

$$Q = \mu_5 \omega_5 \sqrt{2g \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} - H \right)}, \quad (14)$$

де μ_5 – коефіцієнт витрати кавітатора:

$$\mu_5 = \frac{1}{\sqrt{\zeta_n \left(\frac{\omega_5}{\omega_1} \right)^2 + \zeta_{кф} \left(\frac{\omega_5}{\omega_{с.кф}} \right)^2 + \zeta_{роз} \left(\frac{\omega_5}{\omega_p} \right)^2 + \zeta_{зв} \left(\frac{\omega_5}{\omega_{зв}} \right)^2 + \zeta_{вих}}} \quad (15)$$

Для визначення коефіцієнта витрати кавітатора за формулою (15) в першому наближенні були прийняті наступні значення [7, 8]:

$$\zeta_n = 1,1;$$

$$\zeta_{\kappa\phi} = 0,5 \left[1 - \left(\frac{D_4}{D_2} \right)^2 \right] + \frac{\lambda_c}{8 \sin \frac{\beta}{2}} \left[1 - \left(\frac{D_4}{D_2} \right)^4 \right],$$

де $\lambda_c = 0,025 \dots 0,03$ – середнє значення гідравлічного коефіцієнта тертя на ділянці звуження трубопроводу; $\beta = 10^\circ$ – кут конфузора;

$$\zeta_{\text{роз}} = k_B \left[1 + \left(Z / \Pi_B - 2 \cos \alpha \right) \right] Z / \Pi_B,$$

де $k_B = 0,6$, $Z = Q_4 / Q_3 = 1$, $\Pi_B = \omega_4 / \omega_3$;

$$\zeta_{\text{зв}} = \lambda_e \frac{L}{d_\Gamma},$$

де $\lambda_e = 0,55$ – еквівалентний гідравлічний коефіцієнт тертя, який враховує втрати напору, що зумовлені кривизною потоку; $d_\Gamma = 0,004$ м – гідравлічний діаметр; $L = 0,02$ м – довжина водоводу;

$$\zeta_{\text{вих}} = 1.$$

Використовуючи залежності (1), (15), можна визначити швидкість $V_5 = Q / \omega_5$, за якої на виході з криволінійного водоводу абсолютний тиск промивної рідини знизиться до тиску насиченої пари, внаслідок чого в рідині утворяться кавітаційні бульбашки, тобто кавітація. Маючи витрату насадки Q та площі всіх перетинів ω_i , можна визначити швидкість в будь-якому перерізі, при цьому повинна виконуватися умова $V_5 \leq V_n$.

Число кавітації [8]:

$$\chi = \frac{P_3 - P_{\text{н.п}}}{\rho V_3^2 / 2}, \quad (16)$$

де χ – число кавітації;

$P_{\text{н.п}}$ – тиск насичених парів промивної рідини;

ρ – густина промивної рідини.

Кавітація виникне при числах кавітації менших деякого критичного зна-

чення $\chi < \chi_{кр}$ [8]:

$$\chi_{кр} = \frac{\omega_H^2}{\omega_4^2 \epsilon^2} - 1 + \sum \zeta_3 - \omega_{ст}, \quad (17)$$

де ϵ – коефіцієнт стиснення струменя промивної рідини;

$\sum \zeta_3 - \omega_{ст} = \zeta_{роз} + \zeta_{зв} + \zeta_{вих}$ – сума коефіцієнтів опору від перетину 3-3 до $\omega_{ст}$.

1. Бабаев И.С. Безреагентные методы очистки высокомутных вод. – М.: Стройиздат, 1978. – 82 с. (Наука – строит. производству). **2.** Кузьмин Ю.М. Сетчатые установки систем водоснабжения. Справ. пособие. –Л.: Стройиздат, 1976. – 160 с. **3.** Кузьмин Ю.М. Сетчатые установки водоочистных сооружений. (Практические рекомендации). –Л.: Издательство литературы по строительству, 1966. – 132 с. **4.** Арзуманов Э.С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях – М.: Энергия, 1978. – 303 с., ил. **5.** Келлер О.К., Кратыш Г.С., Лубяницкий Г.Д. Ультразвуковая очистка. – Л.: Машиностроение, 1977. – 184 с., ил. **6.** Крутоус Е.Б., Некрич А.Н. Техника мойки изделий в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1969. – 236 с., ил. **7.** Науменко І.І. Технічна механіка рідини і газу: підручник для вищих навчальних закладів. – Рівне:РДТУ, 2000. – 528 с. **8.** Арзуманов Э.С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях. – М.: Энергия, 1978. – 303 с., с ил.

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