

Норенко Д.Д. аспірантка гр. 133А-19-2

Науковий керівник: Кухар В.Ю., к.т.н., доцент кафедри ІДМБ

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

СИЛОВІ ВПЛИВИ НА ЧАСТИНКУ ЗАБРУДНЕННЯ НА СІТЦІ ЩІТКОВОГО ВОДЯНОГО ФІЛЬТРУ

Фільтри технічної води зі щітковим очисником і сітчастим фільтроелементом (далі ФЕ) є поширеним типом промислових фільтрів. Сітчастий ФЕ вловлює і накопичує частинки забруднень (далі частинки), а щітковий очисник, що переміщується по ФЕ (виконаному у вигляді циліндра) інтенсифікує видалення частинок з ФЕ.

Для схем сил діючих на частинку приймемо наступні припущення:

- Форма частинки – сферична.
- Перепадом гідростатичного тиску на ФЕ нехтуємо.
- Частинка знаходиться на циліндричній ділянці ФЕ з нескінченним радіусом (горизонтальна пласка ділянка ФЕ).

• Перетин прутків сітки – коло, зміною форми прутків сітки нехтуємо.

• Прутки сітки абсолютно жорсткі, але мають рухливість один до одного.

На частинку, що лежить між прутками в чарунці сітки ФЕ під дією потоку рідини, яка фільтрується умовно зверху вниз за рис.1 та 2, діють наступні сили:

- P – сила притискання щітки [1];
- $F_A = \rho \cdot g \cdot V$ – Сила Архімеда;
- $F_{тр} = N \cdot f$ – сила тертя;
- $F_{ГД} = C_F \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot S$ – сила гідродинамічного тиску;
- $F_g = V \cdot \rho$ – вага частинки.

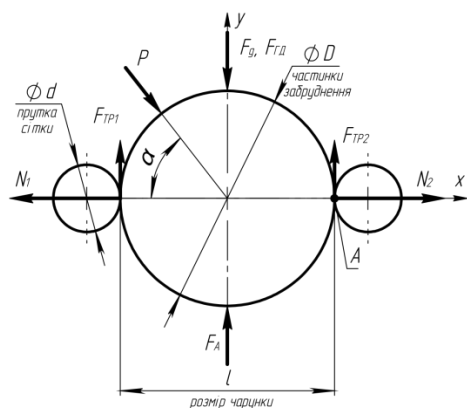


Рисунок 1– Схема сил діючих на частинку застряглу по найбільшому діаметру

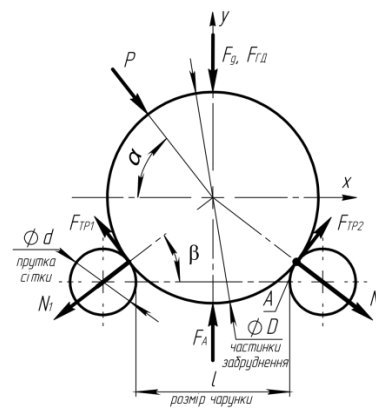


Рисунок 2– Схема сил діючих на частинку, яка лежить на чарунці сітки

Змінними параметрами є діаметр частинки забруднення та точка прикладання сили від щітки очисника до частинки (при проходженні щітки вздовж частинки). Розглянемо результати силової взаємодії прутків сітки ФЕ, частинки та дротинки щітки очисника залежно від відносних розмірів чарунки сітки та частинки.

1. Діаметр частинки знаходиться в діапазоні $l \leq d_{\text{част}} < k_1 \cdot l$, l – номінальний розмір чарунки сітки, $k_1 \geq 1$ – коефіцієнт, що характеризує граничний розмір частинки, яка під дією зовнішніх сил може проштовхнутися через чарунку сітки з розміром l .

Відомо [2], що контакт частинки зі прутками сітки точковий і не супроводжується видимими деформаціями розмірів чарунки сітки, але частинка міцно

утримується між прутками сітки силами тертя (1), які зумовлені деформаціями частинки та прутків чарунки сітки. У такому разі частинку можна проштовхнути крізь чарунку. Необхідно докласти рівнодіючу силу, більшу, ніж сума сил, утримуючих частинку у чарунці ФЕ.

$$F_{mp1} = N_1 \cdot f ; F_{mp2} = N_2 \cdot f \quad (1)$$

Складемо систему рівнянь сил, діючих на частинку по осі x і y , та рівняння моментів сил, які діють на частинку відносно точки А (рис.1).

$$x: -N_1 + P \cdot \cos(\alpha) + N_2 = 0 \quad (2)$$

$$y: N_1 \cdot f - P \cdot \sin(\alpha) - F_g - F_{z0} + F_A + N_2 \cdot f = 0 \quad (3)$$

$$M_A: P \cdot \sin(\alpha) \cdot \frac{D}{2} \cdot \sin(\alpha) + F_g \cdot \frac{D}{2 \cdot \alpha} + F_{z0} \cdot \frac{D}{2} + F_A \cdot \frac{D}{2} - F_{mp1} \cdot D = 0 \quad (4)$$

Розв'язуючи систему рівнянь (2)-(4) з урахуванням (1) при заданому значенні сили P притискання щітки, можна знайти максимальний діаметр D частинки, яка може бути протиснута крізь чарунку ФЕ, або вирішити протилежну задачу.

2. Діаметр частинки в діапазоні $D > k_2 \cdot l$, де $k_2 \geq k_1$ – коефіцієнт мінімального розміру частинки, яка під дією зовнішніх сил буде викочена щіткою з чарунки сітки з розміром l (рис.2). Частинку притискає до прутків сітки сила гідродинамічного тиску та вага частинки, а виштовхує сила Архімеда. Сили пружних деформацій дротів сітки намагатимуться виштовхнути частинку з чарунки. Сила P в залежності від точки прикладання до частинки (кут α) відноситься до виштовхувальних (викачує частинку), або до вдвлюючих сил (притискає частинку до прутків сітки ФЕ).

$$x: P \cdot \cos(\alpha) - N_1 \cdot \cos(\beta) - N_1 \cdot f \cdot \cos(90^\circ - \beta) - N_2 \cdot \cos(\beta) + N_2 \cdot f \cdot \cos(90^\circ - \beta) = 0 \quad (5)$$

$$y: -P \cdot \sin(\alpha) - N_1 \cdot \sin(\beta) + N_1 \cdot f \cdot \sin(90^\circ - \beta) - N_2 \cdot \sin(\beta) + N_2 \cdot f \cdot \sin(90^\circ - \beta) - F_g - F_{z0} + F_A = 0 \quad (6)$$

$$M_A: \frac{D}{2} \cdot (-P \sin(\alpha)(1 + \cos \alpha) + P \cos(\alpha) \sin(\alpha) + F_g + F_{z0} - F_A + N_1(1 + \cos(\beta))) - F_{mp1} D = 0 \quad (7)$$

Розв'язуючи систему рівнянь (5)-(7) при заданому значенні сили P та куту α , можна знайти мінімальний D частинки, яка гарантовано буде викочена з чарунки ФЕ.

3. Діаметр частинки знаходиться в діапазоні $k_1 \cdot l \leq D < k_2 \cdot l$ - очевидно, що частинки гарантовано застрягнуть. Аналогічно можна розглянути системи рівнянь моментів сил, які діють на частинку на інших ділянках ФЕ у будь-якому положенні.

Висновок: Розглянуто зовнішні силові впливи, що діють на частинку на сітчастому ФЕ фільтру зі щітковим очищувачем. Встановлені в залежності від відносних розмірів частинки, розміру чарунки ФЕ та кута прикладання сили від щіткового очищувача три варіанти поведінки частинки. Складені системи рівнянь рівноваги частинки на сітчастому ФЕ фільтру зі щітковим очищувачем для випадків із проштовхуванням частинки крізь чарунку та з видаленням її з чарунки.

Перелік посилань

1. Норенко Д. Експериментальне обґрунтування параметрів щіткового очищувача сітчастого фільтра технічної води / Д. Норенко, В. Кухар // Збірник наукових праць Національного Гірничого Університету: зб. наук. пр. – Д., 2021. – №64. – С. 175–187.

2. Пупков В.С. Гідроімпульсна інтенсифікація протитечійної регенерації сітчастих фільтрів : дис. к.т.н. : 05.05.17 / В.С. Пупков ; ДДТУ. – Алчевськ, 2005. – 150 с.