

УДК 628.16

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ КОМБІНОВАНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ВІДСТІЙНИКА

Епоян С.М.¹, д.т.н., проф.; Айрапетян Т.С.¹, к.т.н., доц.; Волков В.М.², к.т.н.;
Гайдучок О.Г.³, к.т.н.; Костенко О.Г.⁴

¹Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Харків, Україна;

²Комунальне підприємство «Харківводоканал», Харків, Україна;

³Харківський національний університет будівництва та архітектури,
Харків, Україна;

⁴Харківський державний професійно-педагогічний коледж
імені В. І. Вернадського, Харків, Україна

Вступ. Відстоювання води використовується постійно в якості методу її освітлення. Ще у давні часи люди використовували резервуари в яких відбувався процес осадження завислих речовин, потім почали використовувати проточні резервуари. Принцип дії проточних резервуарів полягав в тому, що спочатку вода потрапляла в перший резервуар, де відстоювалась, а далі надходила в другий резервуар, де також відбувався процес відстоювання. Осад періодично видалявся з резервуарів [1, 2].

На теперішній час для відстоювання води використовують спеціальні споруди – відстійники. За напрямом руху води в цих спорудах розрізняють вертикальні, горизонтальні та радіальні [3]. Найбільш часто для очистки води поверхневих джерел використовують двоступінчасту схему з горизонтальними відстійниками на першій ступені. Ці споруди надійні та прості в експлуатації. До недоліків можна віднести те, що споруди потребують значних площ, а системи розподілу вихідної та відводу освітленої води працюють не достатньо ефективно. Тому ці споруди постійно модифікуються [4]. Вдосконалюються системи розподілення та відводу води, а також їх розрахунок і конструкції.

В 50-х роках минулого століття з'явилися тонкошарові відстійники. Осадження завислих речовин в таких спорудах відбувається за рахунок зменшення висоти осадження [5,6]. Перевагою тонкошарових відстійників є те, що вони можуть використовуватись як самостійні споруди, так і для інтенсифікації та реконструкції традиційних відстійників [7-9]. Тонкошарові відстійники по напрямку руху осаду відносно руху оброблюваної води поділяються на прямоточні, протиточні, комбіновані та поперечні.

Для підвищення ефективності роботи горизонтальних відстійників і якості очищення води нами запропоновано комбінований горизонтальний відстійник. Він складається з: розподільчої системи, вихрової камери пластівцеутворення осаду з вертикальними стінками, водозливу, тонкошарового відстійника, струменеспрямовуючої комбінованої перегородки, торцевого жолоба з водозливом хвилеподібної форми та трубопроводів. Дрібнодисперсна завись, яка затрималась у відстійнику, періодично скидається по трубопроводам.

Постановка проблеми. Дослідження комбінованого горизонтального відстійника відбувається на моделях. Під час моделювання необхідно розрахувати геометричну подібність моделі та природи, визначити головну силу в процесі, який вивчається.

Огляд літературних джерел. При моделюванні необхідно мати геометричну подібність моделі та природи. В даному випадку це сили тяжіння (гравітаційні сили), за рахунок яких відбувається осадження зависі, тому гідравлічне моделювання комбінованого горизонтального відстійника здійснюється за критерієм Фруда.

Матеріали та методи. Для дослідження комбінованого горизонтального відстійника розрахована його модель з коефіцієнтом масштабу геометричної подібності $L_\lambda=12$. Тобто усі геометричні розміри натурної споруди зменшується в 12 разів.

При моделюванні по критерію Фруда швидкість руху води в моделі горизонтального відстійника (V_M) визначається за формулою:

$$V_M = \frac{V_H}{\sqrt{\frac{L_H}{L_M}}} = \frac{V_H}{\sqrt{L_\lambda}},$$

де V_H – швидкість руху води в натурній споруді, $V_H = 8$ мм/с;

L_H – розмір натурної споруди;

L_M – розмір модельної споруди;

Таким чином:

$$V_M = \frac{8}{\sqrt{12}} = \frac{8}{3,46} = 2,3 \text{ мм/с} = 0,0023 \text{ м/с}$$

Витрати води відповідно складають:

$$Q_M = \omega_M \times V_M$$

де ω_M – площа живого перетину моделі, $\omega_M=0,0625$ м²

$$Q_M = 0,0625 \times 0,0023 = 0,0001438 \text{ м}^3/\text{с} \approx 0,144 \text{ л/с}$$

Швидкість руху води в елементах (трубах) тонкошарового відстійника визначається за залежністю:

$$V_{m.u.} = \frac{Q_M}{\omega_{m.u.}}$$

де $\omega_{m.u.}$ – площа живого перетину моделі тонкошарового відстійника; складає $\omega_{m.u.} = 0,01447$ м²).

$$V_{m.u.} = \frac{0,0001438}{0,01447} = 0,00994 \text{ м/с} = 9,94 \text{ мм/с}$$

Дослідження комбінованого горизонтального відстійника проводяться при різних температурах вихідної води та різної каламутності.

Для визначення рівномірності розподілення вихідної води по елементах тонкошарового відстійника використовується розчин перманганату калію, який подається у вихідну воду, а сам процес спостерігається за допомогою наглядних вікон. Водночас крізь наглядні вікна спостерігається рух забарвленої перманганатом калію вихідної води навколо струменеспрямовуючої комбінованої перего-

родки. Для замушення вихідної води використовується мул річки Сіверський Донець, а як коагулянт – сірчаноокислий алюміній.

Висновки. Отже, запропонований комбінований горизонтальний відстійник представляє собою споруди в якій поєднано вихрову камеру пластівцеутворення та горизонтальний відстійник. В камері горизонтального відстійника влаштовується тонкошаровий відстійник. Осад, що утворюється в тонкошаровому відстійнику, сповзає по лотку труб і видаляється.

Дослідження комбінованого горизонтального відстійника виконується за критерієм Фруда. Для цього використовуємо зменшену модель споруди з коефіцієнтом масштабу геометричної подібності 12. Це дозволяє знайти технологічні параметри моделі як: швидкість руху води в моделі горизонтального відстійника, швидкість руху води в елементах тонкошарового відстійника та витрати води. Визначено витрати води в моделі та швидкість руху води в елементах тонкошарового відстійника.

Запропонована методика дослідження комбінованого горизонтального відстійника є продовженням наших попередніх досліджень і спрямована на підвищення ефективності роботи відстійників на станціях водопідготовки. Це дозволить знизити експлуатаційні витрати та гідравлічні навантаження на інші об'єкти, підвищити рівномірність збору та відведення освітленої води, покращити якість очищення води та підвищити надійність споруд.

ЛІТЕРАТУРА

1. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води. К. : Вища школа, 2005. 671 с.
2. Епоян С.М., Айрапетян Т.С., Волков В.М., Гайдучок О.Г., Сухоруков Г.І. Розробка методики розрахунку та розрахунок комбінованого горизонтального відстійника. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2022. Т.107., №1. С. 27 – 33.
3. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання. К.: Знання. 2009. 735 с.
4. Eroyan S., Sukhorukov G., Volkov V., Haiduchok O. The research of tubular mixer with improved design. *Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020)*. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 907 (2020) 012050. doi:10.1088/1757-899X/907/1/012050
5. Демура М.В. Проектирование тонкослойных отстойников. К.: Видавництво «Будівельник», 1981. 50 с.
6. Эпоян С., Сыроватский А., Бабенко С. Моделирование движения суспензии в тонкослойном элементе усовершенствованной конструкции. *MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin-Rzeszow, 2013. С. 43–50.
7. Butko A.V., Mikhailov V.A., Barinov M.Yu., Lysov V.A., Sharkov A.V. Hydrodynamic and technological investigations of a thin-layer settler. *Khimiya i Tekhnologiya Vody*. Kyiv, 1996. Vol. 18. № 4. P. 404-411.
8. Ahuja S. Advances in water purification techniques. Meeting the needs of developed and developing countries. 1st edn. Amsterdam: Elsevier, 2018. 440 p.
9. Moran S. An applied guide to water and effluent treatment plan design. 1st edn. Amsterdam: Elsevier, 2018. 466 p.