

Эпоян С.М.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

Сухоруков Д.Г.

ООО «ЮЖГИПРОЦЕМЕНТ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРИСТОЙ ПОЛИМЕРБЕТОННОЙ ПЕРЕГОРОДКИ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ОТСТОЙНИКЕ

Горизонтальные водопроводные отстойники широко применяются для очистки воды на первой ступени [1-4]. От качественной работы этих сооружений зависит и работа скорых фильтров – второй ступени очистки.

Исследования, проведенные в Харьковском национальном университете строительства и архитектуры по интенсификации работы горизонтальных отстойников за счет установки пористой полимербетонной перегородки на выходе потока воды из них перед сосредоточенным отбором, показали, что эффективность работы отстойников повышается в среднем от 16% при мутности исходной воды 8-10 мг/л, до 29% при мутности – 70 мг/л [5]. Снижение мутности отстоянной воды приводит к увеличению длительности фильтроцикла скорых фильтров, уменьшению количества их промывок, а, следовательно, к экономии промывной воды и электроэнергии.

Целью исследований является определение технико-экономической эффективности применения предлагаемых конструктивных и технологических решений при реконструкции станции очистки воды полной производительностью 93792 м³/сут (полезная производительность 91060 м³/сут), включающей: 9 горизонтальных отстойников шириной 6 м; высотой зоны осаждения 3 м; 12 скорых безнапорных фильтров рабочей площадью 42,92 м², интенсивностью промывки 14 л/(с·м²) и продолжительностью 360 с; число промывок – 2.

При сравнении учитывали количество промывной воды, необходимое для промывки фильтров и пористых полимер-

бетонных перегородок. Сокращение количества промывок фильтра, связанное с уменьшением мутности отстоянной воды, а также затраты электроэнергии на перекачивание промывной воды. При определении экономического эффекта использовались работы [6-10]. Критерием для сравнения является экономический эффект, значение которого равно:

$$\Delta = \Delta_{\text{экс}} - K_{\text{уд.}}, \quad (1)$$

где $\Delta_{\text{экс}}$ – экономический эффект от внедрения пористой полимербетонной перегородки по удельным эксплуатационным затратам, грн/м³

$$\Delta_{\text{экс}} = \Delta_{2,3} - \Delta_1, \quad (2)$$

где $\Delta_{2,3}$, Δ_1 – удельные эксплуатационные затраты станции очистки воды, соответственно, до реконструкции и после, грн/м³; $K_{\text{уд.}}$ – удельные капитальные затраты при реконструкции горизонтальных отстойников, грн/м³.

Период окупаемости капитальных затрат определяется по зависимости:

$$T = W_{\text{в}} / Q_{\text{сут.}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{сут.}}$ – полезная производительность станции очистки воды, м³/сут; $W_{\text{в}}$ – объем воды, который необходимо очистить чтобы окупить капитальные затраты, м³

$$W_{\text{в}} = K'_{\text{общ.}} / \Delta_{\text{экс.}},$$

где $K'_{\text{общ.}}$ – общие капитальные затраты при реконструкции станции, грн.

При установке пористой полимербетонной перегородки в горизонтальном отстойнике повышается эффективность его работы. Так при мутности исходной воды 50 мг/л эффективность работы отстойника в среднем повышается приблизительно на 23%, а, следовательно, увеличится длительность фильтроцикла на ту же величину процента при той же грязеемкости фильтра

– при мутности 70 мг/л – на 29%, при мутности 9 мг/л – на 16%, что приведет к сокращению объемов промывной воды. Произведем расчет эксплуатационных затрат для станции очистки производительностью, указанной выше. Расход воды на сбросе осадка из горизонтальных отстойников в расчетах не учитывается, так как он будет одинаковым.

Суточные затраты на промывку фильтров определяются по формуле:

$$Z = \frac{i \cdot t \cdot F \cdot N \cdot n}{1000} \cdot c, \quad (4)$$

где i - интенсивность промывки, л/с·м²; t - продолжительность промывки, с; F - площадь фильтра, м²; N - количество фильтров, шт; n - количество промывок в сутки, шт. c – себестоимость 1 м³ воды для г. Харькова (по данным КП «Харьковводоканал» - 3,64 грн.).

$$Z = \frac{14 \cdot 360 \cdot 42,92 \cdot 12 \cdot 2}{1000} \cdot 3,64 = 18897,4 \text{ грн.}$$

Расходы электроэнергии на транспортирование воды определяем по удельному расходу равному 0,00273 кВт/м³, необходимому для подъема 1 м³ воды на высоту 1м при соответствующих КПД насоса и электродвигателя.

Суточный расход электроэнергии при промывке фильтров определяем по формуле:

$$Z_3 = \frac{0,00273 \cdot Q_1 \cdot H}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot c_3, \quad (5)$$

где Q_1 - расход воды на промывку скорых фильтров, м³/сут; H - напор промывных насосов, м; η_1 , η_2 - КПД насоса и электродвигателя; c_3 – стоимость 1 кВт.

Тариф на электроэнергию принимаем по данным водопроводно-канализационного предприятия г. Харькова КП «Харьковводоканал».

Стоимость 1кВт составляет на май 2015 года 1,43 грн. Тогда суточная стоимость электроэнергии будет:

$$Z_3 = \frac{0,00273 \cdot 5191,6 \cdot 18}{0,8 \cdot 0,75} \cdot 1,43 = 608,02 \text{ грн.}$$

Таким образом удельные эксплуатационные затраты по "традиционному" варианту составит:

$$Z_2 = (Z + Z_3) / Q_{\text{сут}}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – полная суточная производительность станции очистки воды, м³/сут.

$$Z_2 = (18897,4 + 608,02) / 93792 = 0,208 \text{ грн/м}^3.$$

Капитальные затраты для сравниваемого варианта равны нулю, так как при реконструкции горизонтальных отстойников производится замена старых конструкций на новые. Поэтому при реконструкции условия внедрения новой техники самые неблагоприятные.

Проведем расчет эксплуатационных и капитальных затрат для варианта 1

При установке пористых перегородок в горизонтальные отстойники длительность фильтроцикла увеличивается минимум на 16% и составляет 13,92 часа. Следовательно, в течение суток будет произведено не 2 промывки фильтра, а 1,68. Тогда объем воды на промывку скорых фильтров в сутки (Z_1) по формуле (4) составит:

$$Z_1 = \frac{14 \cdot 360 \cdot 42,92 \cdot 12 \cdot 1,68}{1000} \cdot 3,64 = 15873,85 \text{ грн.}$$

Суточная стоимость электроэнергии при промывке фильтров по формуле (5) равна:

$$Z_3 = \frac{0,00273 \cdot 4360,95 \cdot 18}{0,8 \cdot 0,75} \cdot 1,43 = 510,74 \text{ грн.}$$

Рассмотрим вариант определения экономического эффекта при необходимости промывки пористых перегородок горизонтальных отстойников. Предположим, что их необходимо промывать 1 раз в 2 суток. Дополнительный расход, который необходимо подавать в горизонтальный отстойник составляет 3 л/с·м² на пористую перегородку. Площадь пористой перегородки составляет 18м². Таким образом расход воды, идущей на промывку пористой перегородки составляет:

$$Q = 54 \text{ л/с.}$$

Принимаем устройство промывки пористой перегородки, которое расположено на дырчатой распределительной перегородке, расположенной в начале отстойника [11].

Рассчитаем эксплуатационные затраты, которые складываются из расходов промывной воды и затрат на электроэнергию насосов. Для промывки пористых перегородок используются насосы, которые подают воду на промывку фильтров.

Суточные затраты на промывку пористой перегородки в сутки определяется по формуле (4) и составляет:

$$З_1 = \frac{3 \cdot 180 \cdot 18 \cdot 9 \cdot 0,5}{1000} \cdot 3,64 = 159,21 \text{ грн.}$$

Суточная стоимость электроэнергии при промывке пористой перегородки определяется по формуле (5) и составит:

$$З_3 = \frac{0,00273 \cdot 43,74 \cdot 18}{0,8 \cdot 0,75} \cdot 1,43 = 5,123 \text{ грн.}$$

Расход воды, поступающей на очистку в горизонтальный отстойник, составляет 120,6 л/с, а интенсивность, приходящаяся на 1 м² перегородки равна 6,7 л/с, что составляет дополнительный расход на промывку пористой перегородки.

Тогда суточные затраты на промывку пористой перегородки по формуле (4) равны:

$$З_{\text{доп}} = \frac{6,7 \cdot 180 \cdot 18 \cdot 9 \cdot 0,5}{1000} \cdot 3,64 = 355,61 \text{ грн.}$$

Тогда удельные эксплуатационные затраты, определяемые по формуле (6) равны:

$$Э_1 = (15873,85 + 510,74 + 159,21 + 5,123 + 355,61) / 93792 = 0,18023 \text{ грн/м}^3.$$

Капитальные затраты состоят из затрат на изготовление пористой полимербетонной перегородки и устройства для ее промывки, а также капитальных затрат по трубопроводу, подающего промывную воду. Капитальные затраты (К'общ.) на девять горизонтальных отстойников составляют 178914,95 грн, а удельные капитальные затраты (Кобщ.) – 0,005231 грн/м³.

Таким образом, период окупаемости капитальных затрат по формуле (3) равен:

$$T = \frac{178914,95}{(0,208 - 0,18023) \cdot 91060} = 70,7 \text{ сут.}$$

Эффективность применения пористой полимербетонной перегородки в горизонтальном отстойнике (Эп) зависит от мутности исходной воды (рис. 1) и определяется по зависимости (1)

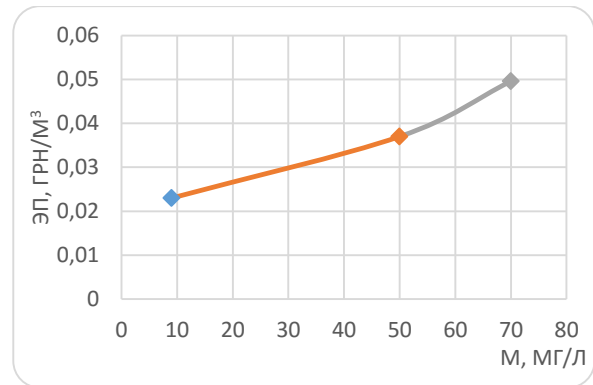


Рис.1. Зависимость эффективности применения пористой полимербетонной перегородки в горизонтальном отстойнике от мутности исходной воды.

Из графика на рис. 1 следует, что с увеличением мутности исходной воды эффективность применения пористой полимербетонной перегородки в горизонтальном отстойнике увеличивается.

Выводы

1. Выполнено технико-экономическое сравнение разработанных конструктивных и технологических решений с известными и широко применяемыми сооружениями для очистки воды отстаиванием, которое показало высокую эффективность применения горизонтального отстойника с пористой полимербетонной перегородкой, установленной в конце отстойника перед торцевым водосборным желобом, заключающееся в сокращении объемов промывной воды.
2. Технико-экономический эффект в зависимости от мутности исходной воды составляет 0,023-0,0496 грн на 1 м³ очищаемой воды, а период окупаемости капитальных вложений при реконструкции станции очистки воды производительностью 93792 м³/сут составляет не более 2,5 месяцев.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Василенко О.А. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення: Навчальний посібник / О.А.Василенко, П.О. Грабовський, Г.М. Ларкіна, О.В. Поліщук, В.Й. Прогульний – К.: ІВНВКН «Укреліотех». 2010. – 272 с.
2. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Міністерство

- регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – К., 2013. – 172 с.
3. Корінько І.В. Інноваційні технології водопідготовки / І.В. Корінько, Ю.О. Понасенко – Харків: ХНАМГ. 2012. – 208 с.
 4. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод: Навч. посібник / С.М. Епоян, В.Д. Колотило, О.Г. Друшляк, Г.І. Сухоруков, Т.С. Айрапетян – Х.: Фактор. 2010. – 192 с.
 5. Сухоруков Д. Г. Експериментальні дослідження роботи горизонтального відстійника з пористою полімербетоною перегородкою // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. ХОТВ АБУ. - 2009. - Вип. 51. С.150-155.
 6. ДБН Д.1.1-1-2000. Правила определения стоимости строительства. – Государственный комитет строительства, архитектуры и жилищной политики Украины. – К., 2000. – 180 с.
 7. Сборник текущих единичных расценок на строительные работы по состоянию на 1 января 2014 года. – К., 2014. – 284 с.
 8. Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предположений. – М: ВНИИПИ, 1982. – 41с.
 9. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. – в 3-х т. Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод: Учебное пособие / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова . – изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Изд. АСВ. 2010. – 552 с.
 10. Зинь Э.А. Эффективность использования капитальных вложений в водохозяйственном строительстве / Э.А. Зинь, О.М. Шичко – К.: Будівельник. 1984. – 86 с.
 11. Пат. №95968 Україна. МПК СО2F 1/00. Спосіб регенерації пористих перегородок горизонтального відстійника / Епоян С.М., Сухоруков Д.Г., заявник та власник ХНУБА-№ u2014 08700, заявл.31.07.2014, опубл. 12.01.2015. Бюл.№1.

УДК 628.35

Олійник О.Я.

Інститут гідромеханіки НАН України, Київ

Айрапетян Т.С.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД В АЕРОТЕНКАХ ЗА РАХУНОК ЗВАЖЕНОГО ТА ЗАКРІПЛЕНОГО БІОЦЕНОЗУ

Як відомо в сучасних системах споруд біологічної очистки стічних вод основною спорудою є біореактор-аеротенк [1, 2]. Проте в зв'язку з підвищеними вимогами до якості очистки роботи аеротенка в зазначених системах потребує подальшого вдосконалення. Проведений аналіз показав, що ефективність вилучення органічних забруднень в аеротенках можна значно підвищити, якщо поряд зі зваженим біоценозом (активним мулом) влаштувати в об'ємі аеротенка додаткове завантаження (сітки, насадки і т.п.), на поверхні якого утворюється біоплівка з високою концентрацією мікроорганізмів.

Таке комбіноване біологічне очищення стічних вод у спорудах із додатковим використанням закріпленої біомаси

(біоплівки) на думку багатьох фахівців має ряд істотних технологічних переваг і при цьому ефективність їх роботи може бути значно підвищена [1-3].

Для оцінки й аналізу спільного видалення органічних забруднень (ОЗ) зваженим і закріпленим біоценозом в аеротенках будь-якої конструкції була побудована загальна математична модель у вигляді рівнянь матеріального балансу, які описують зміну концентрацій ОЗ в об'ємі аеротенка [4-7]. При цьому вважається, що процес біохімічного окиснювання в достатній кількості забезпечений киснем, тобто надходження кисню не буде лімітувати кінетику окиснювання, як зваженого, так і закріпленого біоценозу.