

пристрій. В такий спосіб оператор здатен достатньо чітко фіксувати положення лампи (а отже – і поплавка в сатураторі) відносно визначених технологічних рівнів в сатураторі.

В якості конкретних моделей фоторезисторів можна запропонувати сірчано-кадмієві пристрої: герметизовані ФСК-Г (1,2,7); плівкові ФСК-П1; компактні ФСК-6.

Схема з фоторезисторами може працювати як в режимі безперервного освітлення, так і в економного періодичному режимі (наприклад, 5 секунд освітлення, 30 секунд перерви тощо).

Список литературы

1. *Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А. та ін.* Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / Підручник. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
2. *Мацнев А.И.* Очистка сточных вод флотацией. – К.: Будівельник, 1988. – 132 с.
3. *Аргатенко Т.В., Малько В.Ф.* Контроль рівня води в сатураторі системи напірної флотації // Науково-технічний збірник «Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки». – К.: КНУБА, 2011. – Вип.11. – С.91-95.

Надійшло до редакції 15.11.2015

УДК 628.13, 628.33

С.П. БАБЕНКО, кандидат технических наук
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТ ОСВЕЩЕНИЯ ВОДЫ В ТОНКОСЛОЙНЫХ ОТСТОЙНИКАХ

У статті розглянуто ефективність роботи тонкошарових відстійників. Зазначено, що їх основними робочими елементами є тонкошарові канали. Визначені та проаналізовані основні фактори, що здійснюють найбільший вплив на процес освітлення в тонкошарових каналах.

Ключові слова: тонкошаровий відстійник, кут нахилу елемента, швидкість руху води, конструктивні умови підведення і відведення води

В статье рассмотрена эффективность работы тонкослойных отстойников. Указано, что их основными рабочими элементами являются тонкослойные каналы. Определены и проанализированы основные факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс освещения в тонкослойных каналах.

Ключевые слова: тонкослойный отстойник, угол наклона элемента, скорость движения воды, конструктивные условия подвода и отвода воды

The article describes the efficiency of the thin-layer settlers' work. Their main operating elements are the thin-layer channels. The main factors that cause the greatest influence on the clarification process in the thin-layer channels were identified and analyzed.

Keywords: thin-layer tank, the angle element, the velocity of the water, water supply and discharge conditions

Постоянно возрастающий объем сбрасываемых сточных, поверхностно-ливневых вод, повышение требований к качеству очистки подобных вод, широкое применение схем оборотного водоснабжения в промышленности требуют резкой интенсификации работы очистных сооружений. В последнее время все более широкое применение находят тонкослойные отстойники. Их использование позволяет интенсифицировать процесс осветления воды, на 60% уменьшить площадь отстойников и на 25...30% повысить эффект обработки воды вследствие уменьшения высоты осаждения загрязнений.

Тонкослойные отстойники представляют собой емкости (резервуары) с системой устройств для ввода и вывода обрабатываемой жидкости, оборудованные одним или несколькими блоками тонкослойных элементов (тонкослойными модулями), в которых происходит ее отстаивание, и устройствами для выгрузки осадка, а в ряде случаев и камерой хлопьеобразования. Тонкослойным модулем принято называть устройство, основанное на принципе осаждения взвеси в слоях с малой высотой, состоящее из нескольких наклонных каналов, объединенных в единый блок. Каждый наклонный канал является самостоятельным отстойником глубиной 50...70 мм, шириной 100 мм и более и длиной до 1,5 м с углом наклона каналов 15° - 60° к горизонту в зависимости от вида тонкослойного отстойника [1, 407; 2, 122].

Основными рабочими элементами тонкослойных отстойников, от которых зависит работа всего сооружения, являются тонкослойные каналы. Именно эффективность их конструкции в значительной степени влияет на эффективность работы тонкослойного отстойника в целом. Поэтому, в данной работе основное внимание направлено на анализ факторов, влияющих на процесс осветления воды в тонкослойных отстойниках.

Вода поверхностных источников, поверхностно-ливневой сток городов, а также некоторые виды сточных вод являются полидисперсными системами. Загрязнения, обуславливающие мутность в этих водах, могут быть представлены как в грубодисперсном, так и мелкодисперсном состоянии.

Грубодисперсные примеси легко удаляются обычным отстаиванием, мелкодисперсные – тяжелее. Для эффективного их удаления следует улучшать их седиментационные характеристики. Для этого применяют или

реагентные методы очистки (использование коагулянтов или флокулянтов), или улучшают условия осаждения примесей другим способом.

Многие авторы решают задачу улучшения качества работы тонкослойных отстойников за счет изменения конструкций тонкослойных модулей. Для этого в отстойнике могут устанавливаться в горизонтальном или вертикальном направлении несколько тонкослойных блоков, которые расположены относительно друг друга под разными углами [3, 1; 4, 1]. Однако, основными недостатками таких конструкций являются вынос осевших частичек обратно в поток, вероятность разрушения оседающих взвесей и повторного взмучивания исходной суспензии, достаточно сложная конструкция самих устройств, повышенные энерго- и материалозатраты.

Таким образом, для улучшения процесса седиментации в тонкослойных каналах при минимальных эксплуатационных затратах следует либо уменьшать высоту межполочного пространства, либо уменьшать угол наклона каналов. Однако, использование данных методов ограничивается из-за усложнения процессов отвода, а также накопления осадка в тонкослойных отстойниках, особенно при противоточных схемах осветления воды.

На качество очистки в тонкослойных отстойниках значительное влияние оказывает вынос частиц загрязнений из рабочей зоны тонкослойного элемента [5, 247]. На процесс выноса оказывают воздействие несколько факторов. В первую очередь, это скорость движения очищаемой воды. При увеличении скорости повышается производительность сооружений, но при этом резко ухудшается качество очистки, так как значительная часть загрязнений, в особенности, мелкодисперсных примесей, выносятся из тонкослойного элемента вместе с осветленной водой. При уменьшении же скорости, хоть и повышается качество осветленной воды, – ухудшаются эксплуатационные характеристики тонкослойных отстойников: в этом случае или уменьшается производительность сооружения, или увеличиваются его габариты и продолжительность отстаивания. Поэтому, при проектировании тонкослойных отстойников необходимо подбирать оптимальную скорость движения воды для заданных условий. Исходя из данных, полученных в результате проведенных нами экспериментов, целесообразно скорость в тонкослойном отстойнике принимать до 6 мм/с [6, 349].

Вторым важным параметром при проектировании тонкослойных отстойников является угол наклона тонкослойных элементов к горизонту. Известно, что, чем меньше будет угол наклона, тем меньше будет высота осаждения примесей, и, в результате, эффективнее процесс осветления. Однако, при этом увеличивается вероятность наличия процесса выноса частиц загрязнений. При увеличении угла – вероятность выноса частиц уменьшается и улучшаются условия самостоятельного сползания образующегося осадка. Небольшие углы наклона более применимы для перекрестных и прямоточных схем движения воды, а также в отстойниках циклического действия. В противоточных отстойниках угол должен быть

больше для создания условий самотечного сползания осадка. Кроме того, в них увеличивается расстояние между полками, так как повышается возможность заполнения осадком межполочного пространства. Таким образом, обоснование и подбор оптимальных углов наклона тонкослойных элементов позволит максимально повысить эффективность конструкции тонкослойных отстойников. Проведенные нами ранее исследования позволили рекомендовать для выделения грубодисперсных примесей угол наклона элементов в пределах $50^{\circ} \dots 60^{\circ}$, а для выделения мелкодисперсных примесей – $15^{\circ} \dots 30^{\circ}$ [7, 44].

Особое внимание следует уделять условиям впуска и отвода воды из тонкослойного канала. В большинстве существующих конструкций тонкослойных отстойников внимание уделено проектированию устройств для равномерного подвода осветляемой воды по тонкослойным элементам сооружения. При этом в сам тонкослойный канал загрязненная вода подается по всему сечению межполочного пространства. Очевидно, что при таком способе впуска суспензии в тонкослойный канал для противоточной схемы осветления воды, исходная вода при движении будет взаимодействовать с выпавшим осадком, ухудшая условия его сползания и способствуя процессу его взмучивания. В результате, нижний слой потока воды может захватывать частички уже выпавших загрязнений из осадка и переносить далее по длине тонкослойного канала или выносить их из его пространства. Поэтому, устройство таких конструктивных условий подвода и отвода воды, которые бы устранили или свели к минимуму данное явление, поможет улучшить качество воды на выходе из тонкослойного элемента. С помощью численного моделирования кинематической структуры потока воды в тонкослойном элементе [8, 487] нами было изучено влияние конструктивных условий подвода и отвода воды на гидравлическую крупность задерживаемых частиц, и, как результат, на эффект осветления. В результате, целесообразно подводить и отводить воду через щели, высота которых равна трети-четверти высоты межполочного пространства.

Еще одним фактором, оказывающим влияние на работу тонкослойных отстойников, является образующийся осадок: его толщина, структура, количество, условия формирования и удаления. В литературных данных [9, 24] упоминается о скачкообразном (прерывистом или лавинообразном) процессе сползания образующегося осадка по поверхности тонкослойного элемента. То есть сползает он периодически при достижении им определенного объема. Учитывая лавинообразный характер сползания осадка, высота межполочного пространства должна быть несколько больше максимальной толщины осадка. В случае, если высота межполочного пространства равна или меньше толщины вальца осадка, условия отстаивания нарушаются, поскольку живое сечение тонкослойного элемента периодически будет перекрываться вальцом сползающего осадка. Вследствие этого течение суспензии может носить пульсирующий характер [9, 24]. Кроме того, может наблюдаться ухудшение качества очистки в результате взмучивания сползающего осадка потоком движущейся

навстречу осветляемой воды (противоточная схема движения воды) и выноса ее из межполочного пространства тонкослойного канала.

Таким образом, основными факторами, влияющими на качество очистки в тонкослойных отстойниках, являются: скорость движения осветляемой воды, угол наклона тонкослойных элементов, конструктивные условия подвода и отвода воды, условия формирования и удаления образовавшегося осадка.

Учитывая все вышеизложенные факторы, предложена усовершенствованная конструкция тонкослойного элемента [5, 248], включающая две ступени очистки воды, при использовании которой можно повысить качество очистки воды от взвешенных веществ различной крупности.

Список литературы

1. *Сыроватский А.А.* Усовершенствование схемы очистки поверхностно-ливневого стока с использованием тонкослойных отстойников / А.А. Сыроватский, С.П. Гарбуз // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2010. – Вип. 57. – С. 407-410.

2. *Hendricks David.* Fundamentals of water treatment unit processes: physical, chemical, and biological / David Hendricks // CRC Press, 2010. – 927 p.

3. *Пат. 2081671* Российская Федерация, МПК ⁶ В 01 D 21/02, В 01 D 21/24, В 01 D 17/02. Тонкослойный сгуститель / М.И. Хрусталева; заявитель Хрусталева М.И.; патентообладатель Тов-во с огранич. ответств. "Восторг". – № 94019870/25; заявл. 30.05.94; опубл. 20.06.97.

4. *U. S. Patent.* Stormwater treatment apparatus. R. Russell Stever, Ben R. Urbonas, Jonathan E. Jones, Andrew Earles, Edward Scott Sarratt, Eric Richard Schneider, Steven C. Phelps. – № 2004/0069715; filed Oct. 8, 2003; date Apr. 15, 2004. – 30 p.

5. *Сыроватский А.А.* Усовершенствованная конструкция тонкослойного элемента / А.А. Сыроватский, С. П. Бабенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2012. – Вип. 67. – С. 246-250.

6. *Совершенствование* конструкций элементов тонкослойных отстойников / [А.А. Сыроватский, С.П. Бабенко, О.А. Бойко, Д.А. Халина] // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2011. – Вип. 66. – С. 346-350.

7. *Моделирование* движения суспензии в тонкослойном элементе усовершенствованной конструкции / [С. Эпоян, А. Сыроватский, А. Карагяур, С. Бабенко] // MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin - Rzeszów, 2013. – Vol. 15. – № 6. – P. 43-50.

8. *Бабенко С.П.* Модель осаждения взвешенных веществ в тонком слое / С.П. Бабенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. – Вип. 63. – С. 485-489.

9. *Демура М.В.* Проектирование тонкослойных отстойников / М.В. Демура. – К.: «Будівельник», 1981. – 51 с.

Надійшло до редакції 12.11.2015