

промывки включаются одновременно насосы 11 и 12, пока уровень воды не упадет до датчика промежуточного уровня. Дальше очистная станция переходит в рабочий режим очистки сточных вод.

В теплые месяцы года очищенную воду можно перекачивать для полива зеленых насаждений, а в холодные зимние месяцы открывается шибер 29 и очищенная вода попадает в ёмкость с фильтрационными окнами 30 и фильтрует в грунт. В случае отключения электроэнергии на некоторое время очистная станция может принять небольшой объем стоков. Наличие автономного питания ПАУ дает возможность при достижении водой максимального уровня в емкости 3 перевести очистную станцию в аварийный режим работы. Открываются шибера 24, 29 и подается кислород в аэробный биореактор из кислородного баллона. Идет неравномерная очистка сточных вод. После включения электроснабжения ПАУ закрывает шибера 24, 29 и включает подачу воздуха от компрессора, а дальше дает такие же команды, как после промывки. При необходимости опорожнения емкостей 3, 5-8 открываются шибера 28, 24 и вся вода откачивается насосом 15.

Такая очистительная станция может найти широкое применение при очистке хозяйственно-бытовых сточных вод населенных пунктов малой производительности. Очищенную воду и биогаз целесообразно использовать для технических нужд, а перегнивший осадок в качестве удобрения.

1. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – 2004. – 704 с.

2. Хоружий В.П., Недашковський І.П. Біологічна очистка стічних вод з використанням капронових ниток типу “Вія” і пінопласту // Зб. наук. праць НУВГП. Вип.1 (41). – Рівне, 2008. – С.291-296.

Получено 15.01.2010

УДК 628.3

В.Г.ИВАНОВ, д-р техн. наук, Ш.Ш.ЭРГАШЕВ

*Петербургский государственный университет путей сообщения
(Российская Федерация)*

ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ГИДРАВЛИКИ ПОТОКА ПЕРЕМЕННОЙ МАССЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА В БЛОКЕ ТОНКОСЛОЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Получены теоретические уравнения для оценки распределения расхода в наклонном блоке тонкослойных элементов.

Отримано теоретичні рівняння для оцінки розподілу витрати в похилому блоці тонкошарових елементів.

The theoretical equations for estimations of charge distribution in the inclined block layer's thin element are received.

Ключевые слова: тонкослойный элемент, местные сопротивления, коэффициент сопротивления.

Интенсификация процесса осаждения взвешенных веществ в динамических условиях может решаться в двух направлениях – путем увеличения гидравлической крупности частиц или уменьшения горизонтальной скорости потока.

Однако при решении вопроса интенсификации процесса осаждения взвеси в отстойниках внимание исследователей было сосредоточено в основном на искусственном увеличении веса частиц, так как считается, что этим можно достичь повышения качества осветляемой воды и сокращения габаритов сооружения.

Среди новых методов находят применение отстойники и сепараторы с малой глубиной осаждения, известные как трубочатые, ячеистые или тонкослойные [1].

Тонкослойные отстойники отличаются от обычных наличием в них специальных элементов, размещаемых в отстойной зоне, в пределах которых отстаивание загрязнения происходит в тонких слоях потока жидкости. Этот процесс протекает быстро, так как путь движения осаждающихся в десятки раз меньше, чем в обычных отстойниках. Поэтому тонкослойные отстойники являются компактными сооружениями, они требуют меньшую площадь для их размещения на станциях очистки. К преимуществам этих отстойников следует отнести также устойчивость их работы при значительных колебаниях расходов поступающей на очистку жидкости, изменениях ее температуры и концентрации загрязнений.

В тонкослойном элементе с горизонтальным и радиальным течением жидкости осадок сползает перпендикулярно направлению движения жидкости (перекрестная схема движения жидкости и осадка); в тонкослойном элементе с восходящим и радиально-восходящим – в направлении противоположном движению жидкости (противоточная схема движения жидкости и осадка); в тонкослойном элементе с нисходящим течением – в направлении, совпадающем с направлением течения жидкости (прямоточная схема движения жидкости и осадка); в тонкослойных элементах с комбинированным течением направления сползания осадка в разных тонкослойных блоках осуществляется в зависимости от направления течения в них жидкости [2, 3].

Для этого тонкослойные элементы располагаются под углом α к горизонту. В отстойниках непрерывного действия этот угол должен

обеспечивать сползание осадка в осадочную часть и принимается обычно $\alpha = 45-60^0$, а в отстойниках периодического действия может быть равен нулю, поскольку по мере накопления осадка отстойник выключается и обеспечивается обратная промывка тонкослойных элементов от осадка.

Технологический эффект, достигаемый в тонкослойном модуле при восходящем движении потока, зависит от многих факторов, например, от размеров каналов, угла их наклона к горизонтали, формы поперечного сечения, скорости движения потока воды в каналах и т.д.

Теоретическое обоснование применения уравнения гидравлики потока переменной массы для оценки распределения расхода в блоке тонкослойных элементов приведено ниже.

Для приближенной оценки неравномерности распределения потока в блоке тонкослойных элементов, расположенном в отстойной зоне под углом β к горизонту, в результате чего вода поступает в тонкослойные элементы из выходного распределительного канала, глубина которого изменяется по линейному закону, получено уравнение

$$\begin{aligned} & (\zeta_{M1} + \zeta_{D1}) \frac{\Delta Q_1^2}{\omega_{m.э.}^2} - \frac{Q_0^2}{\omega_{ex}^2} + \frac{\Delta Q_1^2}{\omega_{омв.і}^2} + \frac{Q_0^2}{\omega_i^2} + 2 \frac{Q_0 (\sum_{i=1}^i \Delta Q_i)}{\omega_i^2} - \\ & - 2 \frac{(\sum_{i=1}^i \Delta Q_i) \Delta Q_i}{\omega_i \omega_{m.э.}} \cos \alpha + \frac{(\sum_{i=1}^i \Delta Q_i)^2}{\omega_{омв.і}^2} - 2 \frac{(\sum_{i=1}^i \Delta Q_i) \Delta Q_i}{\omega_{омв.і} \omega_{m.э.}} \cos \alpha - \\ & - (\zeta_{Mi} + \zeta_{Di}) \frac{\Delta Q_i^2}{\omega_{m.э.}^2} = 0, \end{aligned}$$

где ζ_{Mi} , ζ_{Di} – коэффициенты местных сопротивлений и сопротивлений по длине в тонкослойных элементах; ΔQ_1 , ΔQ_i – расходы через первый и i -й элементы; ω_{ex} , ω_i , $\omega_{омв.і}$, $\omega_{m.э.}$ – соответственно площади живых сечений входного распределительного канала в начале и в месте расположения i -го элемента, отводящего канала и тонкослойного элемента; α – угол наклона тонкослойного элемента к горизонту.

Сечение распределительного канала измеряется по линейному закону от ω_{ex} на входе до $\omega_i = 0$ в его конце.

При известных значениях коэффициентов сопротивлений ζ_{Mi} и ζ_{Di} решение уравнения можно получить методом последовательного

приближения с первоначальным назначением и последующей корректировкой расхода ΔQ_1 через первый тонкослойный элемент блока.

Ориентировочные значения ζ_{Mi} могут быть получены с использованием известных зависимостей для потерь напора при разделении и слиянии потоков с произвольным соотношением расходов основного потока и ответвления.

Для тонкослойного элемента на входе и выходе из него значения коэффициентов местных сопротивлений составят:

$$\zeta_{Mi} = \left(\frac{\omega_{T.Э}}{\omega_{вх.i}} \right)^2 \left(\frac{Q_0 - \sum_{i=1}^i \Delta Q_i}{\Delta Q_i} \right)^2 - 2 \frac{\omega_{T.Э}}{\omega_{вх.i}} \frac{\left(Q_0 - \sum_{i=1}^i \Delta Q_i \right)}{\Delta Q_i} \cos \alpha - 0,85;$$

$$\zeta_{\dots Mi} = \left(\frac{\omega_{T.Э}}{\omega_{омс.i}} \right)^2 \left(\frac{\sum_{i=1}^n \Delta Q_i}{\Delta Q_i} \right)^2 - 2 \frac{\omega_{T.Э}^2}{\omega_{омс.i} \omega_{омс.i(i-1)}} \left(\frac{\sum_{i=1}^n \Delta Q_i}{\Delta Q_i} \right) - 2 \frac{\omega_{T.Э}}{\omega_{омс.i}} \cos \alpha + 1.$$

Коэффициенты сопротивления по длине при ламинарном режиме движения жидкости в тонкослойных элементах соответственно будут равны:

$$\zeta_{Di} = \frac{AL_{\Pi} \nu}{16 \nu_i h} = \frac{AL_{\Pi} \nu b}{8(\Delta Q_i) \cdot h}, \quad \zeta_{D_1} = \frac{AL_{\Pi} \nu}{16 \nu_1 h} = \frac{AL_{\Pi} \nu b}{8(\Delta Q_1) \cdot h},$$

где A – коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения тонкослойного элемента, $A=61,8-90$; L_{Π} – длина элемента; ν – коэффициент кинетической вязкости жидкости; b – ширина блока тонкослойных элементов; h – половина расстояния между стенками блочного тонкослойного элемента; ν_1, ν_i – скорость потока в первом и i -м элементах.

Анализ полученных уравнений показывает, что распределение потока между тонкослойными элементами в блоке зависит от значительного числа факторов: соотношения площадей входного сечения распределительного канала и площади входного сечения блока, изменения этого соотношения по его длине, угла наклона блока к горизонту β , величины поступающего общего расхода, параметров тонкослойных элементов Q_0, b, L_{Π}, h , угла α , который из условия сползания осадка обычно принимается $45-60^\circ$, геометрии подводящего канала, числа тонкослойных элементов в блоке m , вязкости жидкости и неко-

торых других условий. Как известно, неравномерность работы тонкослойных элементов при неудачном их размещении в отстойной зоне может быть значительной, причем некоторая их часть вообще оказывается не нагруженной. Полученные зависимости дают возможность оценить распределение расхода в блоке тонкослойных элементов с восходящим течением жидкости при переменном сечении распределительного канала, глубина которого линейно изменяется по его длине [4, 5].

1.Иванов В.Г. Тонкослойные отстойники для интенсификации очистки природных и сточных вод: Дисс. ... д-ра техн. наук: 05.23.04. – СПб., 1998.

2.Иванов В.Г., Семенов В.П., Симонов Ю.М. Применение тонкослойных отстойников в целлюлозно-бумажной промышленности. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 176 с.

3.Иванов В.Г. Водоснабжение промышленных предприятий. – СПб.: ПГУПС, 2003. – 537 с.

4.Иванов В.Г. и др. Совершенствование конструкций и методы расчета тонкослойных отстойников сточных вод: обзорная информация. Целлюлоза, бумага, картон / ВНИИПИЭИЛеспром. – М., 1979. – 118 с.

5.Иванов В.Г., Черников Н.А. Водоотводящие системы промышленных предприятий. – СПб.: ООО «Изд-во «ОМ-Пресс», 2007. – 239 с.

Получено 18.02.2010

УДК 628.157

М.В.БЕСКРОВНАЯ, канд. техн. наук
Донецкий национальный университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В ПРОТОЧНЫХ БИОРЕАКТОРАХ

Предлагается математическая модель процесса биологической очистки сточных вод от соединений минерального азота флокулами активного ила в проточном реакторе бесперывного действия.

Пропонується математична модель процесу біологічного очищення стічних вод від сполук мінерального азоту флокулами активного мулу в проточному реакторі безпервної дії.

The mathematical model for the process of biological sewage sanitation of mineral nitrogen with active flock sludge in a cross-flow reactor of continuous operation is developed.

Ключевые слова: модель, одновременная нитри-денитрификация, биореактор.

Вода является основой жизни на Земле. Однако интенсивное влияние человека на природу привело к такому загрязнению водных ресурсов планеты, что Конференция ООН по окружающей среде и развитию назвала эту проблему глобальной и требующей неотложного решения на пути к «стойкому развитию» общества.