

УДК 628.356

**Д. В. ЗАВОРОТНЫЙ, А. В. ЖИБОЕДОВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИИ ИЛОВОЙ СМЕСИ В АЭРОТЕНКАХ-ОТСТОЙНИКАХ СО ВЗВЕШЕННЫМ СЛОЕМ**

Рассмотрены функции циркуляции иловой смеси. Освещены способы формирования циркуляционных потоков в некоторых характерных конструкциях аэротенков-отстойников с осветлением во взвешенном слое активного ила. Дано описание усовершенствованного способа возврата иловой смеси из взвешенного слоя аэротенка-отстойника в аэрируемую зону. Представлены результаты лабораторных испытаний модели аэротенка-отстойника разработанной конструкции.

**аэрация, аэротенк-отстойник, взвешенный слой, иловая смесь, циркуляционный поток**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Разделение иловой смеси в аэротенках-отстойниках в условиях взвешенного слоя более эффективно, чем гравитационное осаждение. В известных аэротенках-отстойниках с взвешенным слоем ил возвращается из осветлителя в зону аэрации либо посредством отдельных насосов, либо циркуляционными потоками, что затрудняется прохождением ила через щелевые отверстия. Ввиду широкого распространения аэротенков-отстойников на канализационных очистных станциях малой и средней производительности, повышение их надежности и энергоэффективности является важной задачей.

### **ЦЕЛИ**

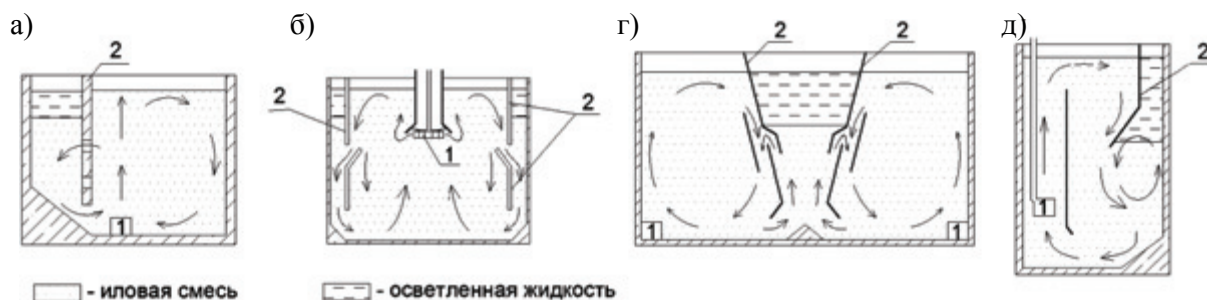
Разработки по усовершенствованию аэротенка-отстойника проводились с целью упрощения возврата активного ила из взвешенного слоя в аэрируемую зону, а также снижения энергозатрат и повышения концентрации активного ила в аэротенке.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Работа любого сооружения аэробной биологической очистки невозможна без системы аэрации, выполняющей ряд функций: 1) обеспечение необходимых для протекания аэробных процессов биохимических условий: насыщение жидкости кислородом для дыхания аэробных организмов и отдувка газообразных продуктов жизнедеятельности; 2) обеспечение гидродинамических условий, способствующих работе аэробных микроорганизмов: предотвращение залегания ила, осреднение в объеме концентрации загрязнений, перемещение иловой массы между различными зонами.

На рис. 1а изображена схема аэротенка [1], состоящего из двух камер. В камере аэрации создается циркуляционный поток: пузырьки воздуха создают эрлифтный эффект и над аэратором возникает восходящее движение газо-жидкостной смеси. Поднявшаяся иловая смесь возвращается вниз в противоположной от аэратора части сооружения и вновь вовлекается в восходящий поток. В камере отстаивания также имеется циркуляционный поток. Ил попадает туда через верхнее окно и подтягивается обратно в зону аэрации через нижнее из-за разности давлений, создаваемых газожидкостным столбом, с одной стороны и иловой смесью – с другой. При повышении под взвешенным слоем скорости движения иловой смеси уменьшаются необходимые габариты отстойной части аэротенка-

отстойника [2]. Для более эффективной циркуляции иловой смеси под взвешенным слоем аэротенка-отстойника помимо разряжения у места впуска воздуха, можно использовать инерцию нисходящего потока. Для этого под окнами перегородки устраиваются наклонные козырьки (рисунок, б).



**Рисунок** – Схемы конструкций аэротенков-отстойников с освещением во взвешенном слое активного ила: а) конструкции И. С. Постникова [1]; б) разработанная учеными Макеевского инженерно-строительного института [2]; в – запатентованная Э. С. Разумовским и Р. Ш. Непаридзе [3]; г) разрабатываемая в ДонНАСА. 1 – аэратор; 2 – перегородка, разделяющая аэрируемую и отстойную зоны.

В описанных выше конструкциях требуется периодическая принудительная откачка ила из взвешенного слоя. Наряду с этим существуют конструкции, предполагающие возврат ила из взвешенного слоя через щели в перегородке за счет циркуляционных потоков в аэротенке [3]. В представленном на рисунке в аэротенке-отстойнике на уровне верха взвешенного слоя имеется щель между зонами аэрации и осветления. Со стороны аэротенка здесь происходит относительное разрежение за счет местного увеличения скорости потока. Поскольку пьезометрическое давление со стороны аэрируемой зоны оказывается меньше, чем со стороны взвешенного слоя, образуется циркуляция жидкости, обеспечивающая массообмен между осветлителем и аэротенком. Возврат ила из взвешенного слоя ограничивает как увеличение высоты слоя в результате накопления иловой массы, так и время пребывания активного ила в зоне осветления. Проблема эксплуатации таких конструкций заключается в затруднении гидромеханическими свойствами иловой смеси ее протекания сквозь щели.

Для усовершенствования возврата активного ила из взвешенного слоя в аэрируемую зону была разработана конструкция аэротенка-отстойника, предполагающая непринудительный возврат ила из взвешенного слоя в аэротенк (рис., г). Для испытания работы конструкции применялась лабораторная установка. Для подачи воздуха в установку использована затопленная эрлифтная система аэрации [4], позволяющая наиболее эффективно использовать энергию сжатого воздуха для создания восходящего потока жидкости. Подаваемый через тканевый аэратор воздух создает газлифтный эффект, и в эрлифтной трубе образуется восходящий поток. За пределами трубы поток меняет свое направление на нисходящее. Перегородка, которая разделяет аэротенк и отстойник, обладает наклонным козырьком. Нисходящий поток огибает козырек и объем жидкости под ним. За счет трения о нисходящий поток под козырьком образуется вихревое движение. Таким образом, в установке образуются два циркуляционных потока. Первый поток движим затопленным эрлифтом и необходим для осреднения концентраций, предотвращения залегания в аэротенке, приведения в движение второго потока. Второй поток осуществляет движение ила под козырьком, что способствует возможности его возврата в зону аэрации.

В модельной установке удавалось поддерживать концентрацию ила до 9 г/л. При этом гидравлическая нагрузка на отстойник составляла  $3,6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ . Согласно нормам [5] при аналогичных седиментационных свойствах ила (произведение концентрации и илового индекса составляло 380 мл/л) предельная нагрузка на отстойник равна  $1,35 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , что говорит о эффективности применения разработанной конструкции для получения устойчивого взвешенного слоя. Однако концентрация взвешенных веществ в очищенной жидкости составляла около 60 мг/л, что указывает на низкую эффективность осветления при такой концентрации и нагрузке, а следовательно, на необходимость дальнейших исследований с целью оптимизации параметров аэротенка-отстойника.

## ВЫВОДЫ

Состояние взвешенного слоя при снижении гидравлической нагрузки и возврат из него ила в аэрируемую зону можно поддерживать за счет создаваемых системой аэрации циркуляционных потоков. Применение описанной технологии целесообразно и требует дальнейшего изучения и оптимизации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 120456 СССР, МПК C02F 3/14. Способ аэрации сточной жидкости и аэротенк для его осуществления [Текст] / Постников И. С. – № 2418/576711/23 ; заявл. 5.02.54 ; опубл. Бюл. № 11 1959. – 3 с. : ил.
2. А. с. 829563 СССР, МПК C02F 1/00, B01D 21/02, C02F 3/14. Аэротенк-отстойник [Текст] / Куликов Н. И., Гимадеев Р. А., Тихненко С. А., Окрушко В. Е., Чернышев В. Н., Смеюха И. И., Вертий В. В. ; заявитель и патентообладатель Макеев. инж.-строит. ин-т. – № 2771064/29-26 ; заявл. 28.05.79 ; опубл. 15.05.81, Бюл. № 18. – 3 с. : ил.
3. А. с. 592759 СССР, МПК C02F 3/14, B01D 21/02. Аэротенк-отстойник [Текст] / Разумовский Э. С., Непаридзе Р. Ш. ; заявитель и патентообладатель Науч.-исслед. ин-т. коммуна. водоснабж. и очист. воды Ордена Трудового Красного Знамени акад. коммуна. хоз. им. К.Д. Памфилова. – № 2312189/29-26 ; заявл. 9.01.76 ; опубл. 15.02.78, Бюл. № 6. – 2 с. : ил.
4. Нездойминов, В. И. Гидродинамическая модель работы аэротенка с затопленной эрлифтной системой аэрации [Текст] / В. И. Нездойминов, В. С. Рожков // Коммунальное хозяйство городов. – 2010. – № 93. – С. 353–358.
5. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні системи та споруди. Основні положення проектування [Текст] / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – [На замін СНИП 2.04.03-85 ; чинні від 2014-01-01]. – Вид. офіц. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 210 с.

Получено 27.03.2016

### Д. В. ЗАВОРОТНИЙ, О. В. ЖИБОЄДОВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ МУЛОВОЇ СУМІШІ В АЕРОТЕНКАХ- ВІДСТІЙНИКАХ ІЗ ЗАВИСЛИМ ШАРОМ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуті функції циркуляції мулової суміші. Висвітлені способи формування циркуляційних потоків в деяких характерних конструкціях аеротенків-відстійників із освітленням у завислому шарі активного мулу. Надано опис удосконаленого способу повернення мулової суміші із завислого шару аеротенка-відстійника в зону, яка аерується. Представлено результати лабораторних випробувань моделі аеротенка-відстійника розробленої конструкції.

**аерація, аеротенк-відстійник, завислий шар, мулова суміш, циркуляційний потік.**

### DMITRIY ZAVOROTNYI, ALEXANDER ZHIPOEDOV PROVIDING CIRCULATION OF SLUDGE MIX IN AEROPACK WITH BALANCED LAYER

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Functions of circulation of sludge mix are considered. Ways of forming circulating flows in some specific designs aeropack with clarification in blanked active sludge are found out. The description of method of mixing sludge return from aeropack balanced to the aeration zone is given. The results of laboratory researches of model of an aeropack with the developed design are presented.

**aeration, aeropack, balanced, sludge mix, circulating flow**

**Заворотний Дмитро Вікторович** – аспірант кафедри водопостачання, водовідведення та охорона водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: раціоналізація розрахунків і пристроїв систем транспортування рідин.

**Жибоедов Олександр Вікторович** – к. т. н., доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорона водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: очищення стічної рідини.

**Заворотный Дмитрий Викторович** – аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: рационализация расчетов и устройств систем транспортирования жидкостей.

**Жибоедов Александр Викторович** – к. т. н., доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: очистка сточной жидкости.

**Zavorotnyi Dmitriy** – post-graduate student, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the rationalization of payment devices and liquids transportation system.

**Zhiboedov Alexander** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cleaning waste water.