

# УСОВЕРШЕН- СТВОВАНИЕ КОСТРУКЦИИ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

**А. И. Самохвалова**  
Ассистент\*

E-mail: lgor131313@yandex.ru

**В. О. Юрченко**  
Доктор технических наук, профессор\*

E-mail: kaf\_kgtusa@rambler.ru

**В. Г. Зайцева**  
Кандидат технических наук, доцент\*

E-mail: kaf\_kgtusa@rambler.ru

**А. С. Куксова**  
Аспирант\*

E-mail: kaf\_kgtusa@rambler.ru

\*Кафедра безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии  
Харьковский национальный университет  
строительства и архитектуры  
ул.Сумская, 40, г. Харьков, Украина, 61002

*В статті розглянута проблема каналізації малих населених пунктів. Запропоновано вирішення даної проблеми за рахунок використання нової схеми циркуляційного окислювального каналу – схеми комбінованого циркуляційного окислювального каналу з майданчиком зневоднення мулової суміші та застосуванням струминних сифонних аераторів шахтного типу, яка дозволить підвищити ефективність очистки стічних вод і зменшити площу очисних споруд*

*Ключові слова: циркуляційні окислювальні канали, аераційне обладнання, струминні сифонні аератори шахтного типу*

*В статье рассмотрена проблема канализации малых населенных пунктов. Предложено решение данной проблемы за счет использования новой схемы циркуляционного окислительного канала – схемы комбинированного циркуляционного окислительного канала с площадкой обезвоживания иловой смеси и применением струйных сифонных аэраторов шахтного типа, которая позволит повысить эффективность очистки сточных вод и уменьшить площадь очистных сооружений*

*Ключевые слова: циркуляционные окислительные каналы, аэрационное оборудование, струйные сифонные аэраторы шахтного типа*

## 1. Введение

Малые населённые пункты, а также промышленные предприятия, расположенные в сельской местности, часто сбрасывают свои сточные воды в небольшие поверхностные водоёмы. В последнее время наблюдается тенденция обострения проблемы канализации и водоснабжения малых населенных пунктов, а также любых отдельно стоящих объектов. Приёмы и методы очистки сточных вод больших городов разработаны достаточно хорошо. А в очистке сточных вод малых объектов общепринятые способы отсутствуют.

Сооружения биологической очистки, с успехом работающие в больших городах, не могут быть механически скопированы и перенесены для очистки и обезвреживания стоков малых населенных пунктов в силу ряда технологических и экономических факторов [1].

Строительство «как бы в миниатюре» очистных сооружений городского типа в сельской местности обходится значительно дороже при пересчете на 1 м<sup>3</sup> сточных вод; это же касается и эксплуатационных расходов. Эффективными и экономичными сооружениями для очистки небольших объемов сточных вод (до 1400 м<sup>3</sup>/сут), в которых используются аэробные процессы с использованием активного ила, являются циркуляционные окислительные каналы (ЦОК).

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Как известно, ЦОК являются разновидностью бассейна с активированным шламом. Они представляют собой проточные бассейны трапецеидального сечения, которые имеют замкнутую форму в плане и оборудованы аэраторами, обеспечивающими циркуляционное перемещение, перемешивание и насыщение кислородом обрабатываемой смеси сточной воды и активного ила [2 – 6]. Эти сооружения обеспечивают биохимическое окисление загрязняющих веществ и минерализацию ила, не требуя первичного отстаивания сточных вод, что значительно упрощает технологическую схему очистной установки. ЦОК предназначены для полной и частичной биологической очистки сточных вод в районах с расчетной зимней температурой наиболее холодного периода не ниже минус 25 °С [4].

ЦОК разной конфигурации и компоновки отдельных элементов, которые упрощают строительство и эксплуатацию сооружений на равнинной местности и склонах, разработаны в НИКТИ ГХ, Укрگیпрокомунстрое, других проектно-конструкторских учреждениях в Украине и России. Так, Львовское проектно-конструкторское бюро Министерства мясомолочной промышленности Украины разработало схему очист-

ной станции с ЦОК для предприятий мясомолочной отрасли.

По схеме работы ЦОК делят на проточные (непрерывного действия), контактные (периодического действия) [2, 3, 6 – 10] и каналы с введением участков переменной аэрации [2]. В окислительных каналах периодического действия отделение активного ила от очищенной жидкости и выпуск очищенных сточных вод производится непосредственно в окислительном канале при выключенном аэраторе. В это время в канале происходит осаждение активного ила. Непрерывность действия окислительных каналов достигается путем применения отстойников для разделения иловой смеси или каналов сложной формы, в части которых периодически выключаются из работы аэраторы.

Независимо от схемы работы циркуляционных каналов, сточная вода подается в зону работы аэратора, где смешивается с активным илом. При проточном режиме смесь активного ила и сточной воды направляется во вторичный отстойник, откуда избыточный ил подается на иловые площадки, а возвратный ил – снова в ЦОК [1, 7].

В настоящее время предложено множество различных конструкций каналов для очистки сточных вод небольших объемов. Некоторые из них широко используются для очистки сточных вод, другие – на практике не получили широкого распространения в силу некоторых причин.

Большинство действующих в настоящее время ЦОКов строились несколько десятилетий назад и по мере роста городов и поселков не всегда обеспечивали эффективную биологическую очистку сточных вод. Большая неравномерность поступления сточных вод, изношенность оборудования приводит к выходу из строя тех или иных сооружений. Поэтому актуальной является разработка технологических схем для эффективной эксплуатации циркуляционных окислительных каналов.

Для определения эффективности работы ЦОКов необходимо определить основные технологические параметры, а именно: нагрузки на ил, концентрации активного ила, нагрузку на объем ЦОК, баланс кислорода, прирост и качество избыточного ила, баланс биогенных элементов и расход электроэнергии.

Эффективность работы циркуляционных окислительных каналов значительно зависит от выбора типа аэрационной системы. Аэрационные устройства на очистных сооружениях должны вводить в воду достаточное для поддержания аэробных условий количество кислорода и обеспечивать надежное перемешивание сточной жидкости с активным илом.

Выбор того или иного типа аэратора необходимо делать на основе сравнения наиболее существенных показателей их работы, а именно: эффективности аэрации, окислительной способности аэратора, стоимости системы аэрации, приходящуюся на единицу объема данного сооружения в единицу времени или на единицу объема очищаемой жидкости, размера зоны, обслуживаемой одним аэратором, сложности осуществления ремонта или замены аэрационного оборудования, надежности и долговечности в работе, сложности ухода за системой в процессе эксплуатации и т. д.

Каждый тип аэрационного оборудования имеет как преимущества, так и недостатки.

### 3. Цель исследований

Целью исследований является дальнейшее развитие способов очистки сточных вод путем усовершенствования существующих и создания новых очистных сооружений на базе ЦОКов с помощью повышения эффективности очистки, снижения капитальных и эксплуатационных затрат.

### 4. Комбинированный ЦОК с площадкой обезвоживания иловой смеси

Известен окислительный канал, который содержит корпус, разделенный перегородкой на сообщающиеся каналы, трубопроводы ввода и вывода сточной воды, пневматические и струйные аэраторы. Этот канал работает следующим образом: сточная вода поступает в корпус по подводящему трубопроводу, где пневматические аэраторы создают вращательное движение воды в каналах. Поступательное движение воды достигается посредством струйных аэраторов. Воздух подается в струйный аэратор по воздухопроводной трубке и выходит из конусного наконечника. Выходящий воздух захватывает воду и водовоздушная смесь через отверстие создает направленный поступающий поток по каналу. Подсасывание воды в струйный аэратор при этом осуществляется через отверстие. Отвод воды из канала осуществляется через трубопровод вывода обрабатываемой воды [11].

Распространена конструкция ЦОКов, которая состоит из вытянутого О-образного резервуара, узлов ввода и вывода обрабатываемой сточной воды, механических клеточных аэраторов, которые установлены в начале прямого участка канала [2]. Недостатком данного типа циркуляционного канала является использование механической системы аэрации.

На основе существующих схем ЦОКов, а также известных конструкций каналов предлагается их усовершенствование за счет применения только одного вида аэраторов, а именно – струйных аэраторов, точнее струйных сифонных аэраторов шахтного типа (данная конструкция аэратора защищена патентом № 96865 [13] вместо механических аэраторов, которые применяется в большинстве схем циркуляционных каналов, а также комбинированных аэраторов (например, пневматические + струйные [11] и т. д.). Кроме того усовершенствование схем ЦОКов предлагается за счет расположения канала по периметру иловой площадки, которая расположена выше уровня воды и отделена от канала фильтрующей перегородкой, представленной валом из крупнозернистого гравия (высота перегородки около 1 м, а ширина – 0,5 – 1 м). Благодаря такому размещению иловой площадки уменьшается площадь очистных сооружений. Данная конструкция комбинированного ЦОКа с площадкой обезвоживания иловой смеси защищена патентом на изобретение № 95503 [12].

Изобретение относится к устройствам для биологической очистки малых количеств сточных вод в открытых резервуарах с использованием активного ила, а именно, к окислительным каналам, аэротенкам, аэрируемым прудам, работающим в режиме циркуляции стоков по каналу и позволяет интенсифицировать

процесс очистки, снизить энергозатраты, обеспечить простоту эксплуатации.

Нами была поставлена задача – интенсификация процесса очистки и уменьшение площади очистных сооружений.

Поставленная задача достигается тем, что окислительный канал (рис. 1, рис. 2) имеет замкнутую О-образную форму в плане и оборудован струйными сифонными аэраторами шахтного типа (рис. 3), с помощью которых образуется водовоздушная струя, проникающая в глубину слоя жидкости, перемешивающая и насыщающая ее всплывающими пузырьками воздуха. В канале осуществляются биологические процессы очистки сточных вод с помощью активного ила, находящегося в режиме полного окисления.

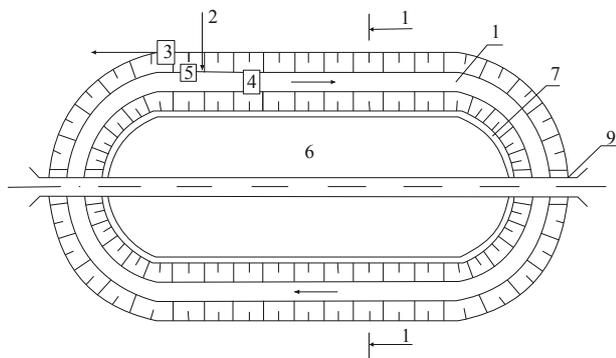


Рис. 1. План комбинированного ЦОКа с площадкой обезвоживания иловой смеси: 1 – канал; 2 – узел ввода сточной воды; 3 – узел вывода сточной воды; 4 – струйные сифонные аэраторы шахтного типа; 5 – приямок; 6 – иловая площадка; 7 – фильтрующая перегородка; 9 – мостик

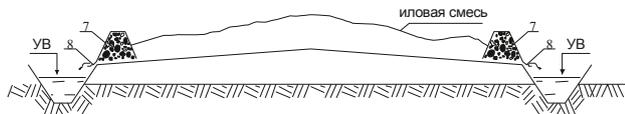


Рис. 2. Разрез 1 – 1 комбинированного ЦОКа с площадкой обезвоживания иловой смеси: 7 – фильтрующая перегородка; 8 – желоба

Окислительный канал (рис. 1), содержит канал 1, снабженный узлами ввода 2 и вывода 3 обрабатываемой сточной воды, струйные сифонные аэраторы шахтного типа 4, которые расположены через 1 м от узла ввода сточной воды (именно благодаря использованию струйных аэраторов достигается интенсификация процесса очистки, снижаются энергозатраты и повышается эффективность использования предложенной конструкции канала). Отведение осадка из канала на иловые площадки осуществляется из специальных приямков 5 с помощью гидроэлеваторов. Окислительный канал проходит по периметру иловой площадки, которая расположена выше уровня воды и отделена от канала фильтрующей перегородкой 7, что обеспечивает фильтрацию жидкой фазы ила в канал через желоба 8. Благодаря такому размещению иловой площадки достигается уменьшение площади очистных сооружений. Дно иловой площадки выполнено из железобетона имеет уклон по ширине площадки

от центра к краям около  $10^\circ$ , что обеспечивает фильтрацию жидкой фазы ила в канал через желоба. Через циркуляционный канал по его длине проходит мостик 9, снабженный спусками, который даёт доступ персоналу для уборки подсушенной иловой смеси и подъезд транспорта к месту уборки этой смеси [12].

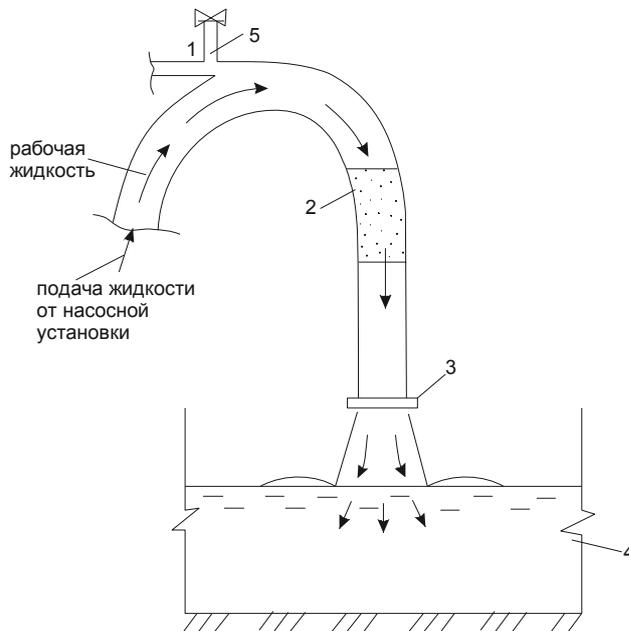


Рис. 3. Струйный сифонный аэратор шахтного типа: 1 – воздухоподводящая труба; 2 – вставка с пористым материалом; 3 – выходное сопло; 4 – резервуар (камера смешения); 5 – патрубок

В результате исследований была предложена и защищена патентом конструкция струйного сифонного аэратора шахтного типа [13], которые обеспечивают насыщение смеси очищаемой воды и рециркуляционного активного ила кислородом, а также поддержание активного ила во взвешенном состоянии.

Зарубежные авторы разрабатывают и используют в практике довольно простые струйные аэраторы. Аэрация осуществляется путем эжектирования воздуха падающей струей жидкости, которая подается низконапорными насосами. Этот способ аэрации имеет ряд преимуществ перед традиционными методами аэрации (пневматическими и механическими): простота конструкции, возможность использования стандартного оборудования, плавное регулирование производительности аэратора по кислороду. Кроме того струйные аэраторы шахтного типа позволяют создать высокую турбулентность потоков в резервуаре, тем самым повышая массообмен аэрируемой иловой смеси, а также получить высокую эффективность использования газа, сохраняя низкие энергозатраты [14, 15].

Принцип действия струйных аэраторов заключается в использовании энергии движущейся жидкости для создания развитой поверхности газожидкостного контакта. Существует два различных метода использования кинетической энергии струи рабочей жидкости: аэрация свободнопадающей струей и напорное истечение через насадки, то есть сопла, помещенные в камеру эжекции [14]. Известно, что сифонные со-

оружения работают в условиях повышенных вакуумметрических давлений. Воздух в сифон подается под капор в самую высокую его точку, что является значительным преимуществом сифонных сооружений.

Предлагаемый способ повышения эффективности работы струйного аэратора шахтного типа основан на том, что струйный аэратор шахтного типа (рис. 3) является именно сифонным сооружением. Кроме того, после закругления аэрационной трубы, по которой движется водовоздушная смесь, расположена вставка, заполненная пористым материалом. Сточная вода подается насосной установкой с большой скоростью. Данный аэратор имеет воздухоподводную трубу 1, вставку 2, заполненную пористым материалом, сопло 3 для пропуска рабочей жидкости в резервуар и резервуар 4, в который выпускается водовоздушная смесь, представляющий собой сооружение для биологической очистки сточных вод в открытых резервуарах с использованием активного ила, а именно окислительных каналов, аэротенков, аэрируемых прудов, а также патрубков 5, через который эжектируется воздух при подключении компрессора [13].

## 5. Выводы

В результате исследований были разработаны новая схема ЦОКа – схема комбинированного ЦОКа с площадкой обезвоживания иловой смеси, а также новая конструкция аэратора – струйного сифонного аэратора шахтного типа.

Благодаря использованию предложенного ЦОКа интенсифицируется процесс очистки сточных вод, снижаются энергозатраты за счет использования струйных сифонных аэраторов шахтного типа и уменьшается площадь очистных сооружений за счет размещения иловой площадки в середине сооружения.

При использовании предложенного струйного сифонного аэратора шахтного типа создается высокая турбулентность потоков в сооружении, тем самым повышается массообмен аэрируемой иловой смеси, а также получается высокая эффективность использования газа, сберегая низкие энергозатраты.

## Литература

1. Деменков, В. М. Вопросы малой канализации [Текст] / В. М. Деменков, Л. Б. Доливо-Добровольский – М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1968. – 21 с.
2. Юрьев, Б. Т. Очистка сточных вод малых объектов [Текст] / Б. Т. Юрьев. – Рига : Авотс, 1983. – 173 с.
3. Минц, Д. М. Установки малой производительности для очистки и обеззараживания питьевой и сточной вод [Текст] / Д. М. Минц, С. А. Шуберт. – М. : Стройиздат, 1974. – 159 с.
4. Гудков, А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод : [Текст]: учебное пособие / А.Г. Гудков – Вологда : ВоГТУ, 2002. – 127 с.
5. Stalzer, W. Tanks with turbulent flow generated by mammoth rotors [Text] / W. Stalzer and W. von der Emde – Wat. Res.1972. - Vol. 6. - P. 417 - 421.
6. Baars, J. K. The use of oxidation ditches for treatment of sewage from small communities [Text] / J. K. Baars // Bull.Org.mond. Sante – 1962. - Vol. 26. - P. 465 - 474.
7. Грулер, И. Очистные сооружения малой канализации [Текст] / И. Грулер. – М. : Стройиздат, 1980. – 200 с.
8. Мастик, А. А. Очистка сточных вод в окислительных каналах [Текст] / А. А. Мастик – Таллин : Валгус, 1969. – 75 с.
9. Effect of oxidation ditch horizontal velocity on the nitrogen removal process [Text] / A. Abusam, K. J. Keesman, H. Spanjers, G. van Straten, and K. Meinema - EWA, 2002.
10. Wastewater engineering : treatment, disposal and reuse [Text] / Metcalf&Eddy Inc., G. Tchobanoglous, F. L. Burton, H. D. Stensel. - Ed. 3. - McGraw Hill, 1991.
11. А.с. 1375571 СССР, МПК С 02 F 3 / 14. Окислительный канал [Текст]/ Б. Т. Юрьев, В. С. Свиридов (СССР). – № 4110944 / 29 – 26 ; заявл. 25.08.86 ; опубл. 23.02.88, Бюл. № 7. – 2 с.
12. Пат. 95503 UA, МПК C02F 3/02 (2006.01), C02F 3/12 (2006.01), C02F 11/12 (2006.01). Циркуляційний окислювальний канал [Текст]/ І. А. Шеренков, А. І. Самохвалова ; заявник і патентовласник Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури – № а 200906885 ; заявл. 01.07.2009 ; опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1. – 6 с.
13. Пат. 96865 UA, МПК C02F 3/02 (2006.01), C02F 3/22 (2006.01), C02F 3/24 (2006.01), C02F 1/74 (2006.01), C02F 7/00, B01F 3/04 (2006.01). Струминний сифонний аератор шахтного типу [Текст]/ О. В. Архіпов, А. І. Самохвалова, А. С. Куксова ; заявник і патентовласник Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури – № а 201006409 ; заявл. 25.05.2010 ; опубл. 25.11.2011, Бюл. № 22. – 6 с.
14. Попкович, Г. С. Системы аэрации сточных вод [Текст] / Г. С. Попкович, Б. Н. Репин. – М. : Стройиздат, 1986. – 133 с.
15. Худенко, Б. И. Аэраторы для очистки сточных вод [Текст] / Б. И. Худенко, Е. А. Шпирт. – М. : Стройиздат, 1973. – 112 с.