

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА АЭРАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД В ЗАКРЫТЫХ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ

Степан Эпоян, Ирина Штонда<sup>1</sup>, Юрий Штонда<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
Украина, 61002, г. Харьков, ул. Сумская, 40  
vkg.knuca@ukr.net  
shtonda@i.ua

<sup>2</sup>ООО «Водный проект КРЫМ», г. Симферополь, АР Крым  
Украина 95004, АР Крым, г. Симферополь, ул. К. Маркса, 40  
shtonda-yurij@yandex.ru

**Аннотация.** Приведены результаты исследований по интенсификации процесса аэрации сточных вод для повышения эффективности биологической очистки в закрытых циркуляционных окислительных каналах.

**Ключевые слова:** канализационные очистные сооружения, сточная вода, аэрация, биологическая очистка, закрытые циркуляционные окислительные каналы.

### ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности работы биологической очистки сточных вод на канализационных очистных сооружениях чрезвычайно важно в настоящее время.

В существующих экономических и экологических условиях состоянии централизованных систем водоотведения и очистных сооружений в населенных пунктах Украины находится в аварийном состоянии, что может привести к необратимым деградационным процессам окружающей среды [2, 11, 26].

В данный момент имеются системы водоотведения, которые эксплуатируются без капитального ремонта уже в течение последних 20 - 55 лет и, как следствие, более 75% канализационных сетей находятся в запущенном состоянии, а очистные сооружения нуждаются в реконструкции модернизации технологического процесса и оборудования [4, 7, 13].

Большое количество очистных сооружений остановлено и выведено из эксплуатации. Сточные воды, которые должны быть очищены и обезврежены на этих объектах, попадают в окружающую среду совершенно неочищенными, что представляет потенциальную техногенную угрозу для окружающей среды и соответственно, здоровью и жизни людей [1, 13, 17].

Качество очистки сточных вод на существующих сооружениях не соответствует установленным нормативам по причине применения устаревших технологий, которые применялись в 70 - х годах прошлого века [6]. В результате уменьшения потребления воды населением и предприятиями, увеличилось концентрации загрязняющих веществ в сточных водах (азотная группа, фосфаты, органические вещества, СПАВ и т.д.), повышенные концентрации которых не учитывались ранее при разработке технологии очистки и проектировании существующих очистных сооружений канализации [2, 5, 20].

Для повышения эффективности очистки сточных вод при реконструкции существующих и проектировании новых очистных сооружений необходимо внедрять современное оборудование и новые методы в технологии очистки городских сточных вод.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Для полной биологической очистки хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод эксплуатируются на канализационных очистных сооружениях циркуляционные окислительные каналы. Данные сооружения обеспечивают биохимическое окисление загрязняющих веществ и минерализацию ила, при этом не требуется первичного отстаивания сточных вод, что значительно упрощает технологическую схему очистной установки [2, 3, 8, 9, 11].

Впервые циркуляционные окислительные каналы появились в Голландии и представляли собой замкнутую в плане траншею с трапецидальным поперечным сечением, в которой установлен аэратор щеточного типа с горизонтальной осью вращения. Окислительные траншеи работали в периодическом режиме [6, 9, 12].

Циркуляционный окислительный канал в основном имеет замкнутую форму в плане и оборудован механическими аэраторами, с помощью которых сточные воды насыщаются кислородом и приводится в движение для быстрого перемещения и поддержания активного ила во взвешенном состоянии. В канале осуществляются биологические процессы очистки сточных вод с помощью активного ила, находящегося в режиме полного окисления.

Основными технологическими параметрами, определяющими эффективность работы циркуляционных окислительных каналов, являются нагрузки на ил, концентрации активного ила, и,

соответственно, нагрузка на объем циркуляционных окислительных каналов, баланс кислорода, прирост и качество избыточного ила, баланс биогенных элементов и расход электроэнергии.

Выполненный анализ существующего положения очистки городских и поселковых сточных вод в циркуляционных окислительных каналах показал, что, несмотря на наличие технологических методов, схем и сооружений, до сих пор полностью не решены вопросы по перемешиванию и насыщению сточных вод кислородом для эффективной биологической очистки в закрытых циркуляционных окислительных каналах. Такие системы характерны для центральных и северных областей Украины, где вопросы, связанные с экологической безопасностью бассейна малых и больших рек Украины чрезвычайно актуальны.

Основными причинами неэффективно работающих канализационных очистных сооружений, являются:

- неэффективная эксплуатация сооружений механической очистки;
- неудовлетворительная эксплуатация и функционирование циркуляционных окислительных каналов;
- отсутствие в существующих схемах эксплуатации сооружений эффективного возврата циркуляционного активного ила после вторичных вертикальных отстойников в циркуляционные окислительные каналы.

Аэрация сточных вод в закрытых циркуляционных окислительных каналах осуществляется при помощи механической и пневматической аэрации. Механическая аэрация сточных вод, применяемая в закрытых циркуляционных окислительных каналах, осуществляется при помощи роторных механических аэраторов [6, 8, 9]. Механические аэраторы, применяемые в закрытых циркуляционных окислительных каналах, могут быть следующих типов: поверхностные турбинные аэраторы, всасывающие турбинные аэраторы и щеточные аэраторы.

Поверхностные турбинные аэраторы МП 7,5-1,25, IAPH, IAPP и TA представляют собой агрегаты, состоящие из собственно аэратора (центробежного ротора), электродвигателя и редуктора. При вращении ротора расположенные на нем лопасти отбрасывают воду к периферии, в результате чего образуется кольцевой гидравлический прыжок и происходит интенсивный перенос кислорода воздуха в воду. Одновременно снизу к ротору подсасывается жидкость, благодаря чему обеспечивается хорошее ее перемешивание и распределение обогащенных кислородом слоев во всем объеме резервуара [6, 9].

Всасывающие турбинные аэраторы MB 22-0,9 и AI-1м состоят из двигателя, вала, ротора, направляющей трубы и воздухозаборника. Принцип

действия аэраторов с всасыванием атмосферного воздуха основан на том, что заглубленный ротор прокачивает сточную воду через трубу с воздухозаборными отверстиями, расположенными на уровне сточной воды в закрытых циркуляционных окислительных каналах. При этом поток сточной воды вовлекает через отверстия воздух, который, проходя через ротор, интенсивно диспергируется. Водовоздушная смесь выбрасывается в нижней части закрытого циркуляционного окислительного канала и смешивается со всем объемом сточной воды и активного ила, что обеспечивает хорошую аэрацию. Турбинные аэраторы устанавливаются на площадке, опирающейся на стены закрытого циркуляционного окислительного канала.

Щеточные аэраторы представляют собой горизонтальный вал с перпендикулярно укрепленными лопатками. Типы щеточных аэраторов различаются профилями лопаток. В основном лопатки изготавливают из уголков, реже из металлоконструкций по профилю похожие на лопатку весла. При работе щеточных аэраторов происходит перемешивание смеси сточной воды и активного ила, разбрызгивание ее капель, захват воздуха из атмосферы и интенсивное перемешивание воздуха со смесью сточной воды и активного ила [8, 9].

Система пневматической аэрации сточных вод состоит из следующих элементов:

- источник образования сжатого воздуха, это может быть воздуходувка, газодувка или компрессор;
- система напорных трубопроводов для подачи сжатого воздуха к аэрационным элементам;
- аэрационные элементы.

Так как перемешивание и аэрация, как правило, занимают от 60 до 80% общего потребления электроэнергии в закрытых циркуляционных окислительных каналах, то из экономических и экологических соображений имеет смысл уменьшить потребление электроэнергии путем применения современного оборудования и тем самым повысить эффективность.

Существует большое количество типов и видов аэрационных элементов, каждый из них, имеет свои преимущества и недостатки. Для аэрации сточных вод в закрытых циркуляционных окислительных каналах, наиболее приемлемыми по техническим характеристикам для применения, рассматриваются дисковые мембранные и трубчатые аэраторы [2, 11, 26].

Дисковые мембранные аэраторы отличаются прочной и усовершенствованной конструкцией для оптимальной подачи воздуха. Аэраторы отличаются оптимизированной перфорацией мембраны и гибким, а также экономичным диапазоном регулирования для наилучшего использования кислорода. Равномерная мелкопузырчатая аэрация сточных вод осуществляется через всю поверхность

мембраны. Корпус дисковых мембранных аэраторов состоит из встроенной подложкой мембраны, обратного клапана и крепления.

Увеличение обмена кислорода, при использовании дисковых мембранных аэраторов в закрытых циркуляционных окислительных каналах, требует использование комбинации системы аэрации и погружной мешалки.

Наиболее часто в технологии очистки коммунальных и промышленных сточных вод применяются аэрационные трубчатые мембраны. Аэрационные трубчатые мембраны используются также для перемешивания гальванических ванн, в качестве аэрационных установок при разведении рыбы, как наружных, так и внутренних, а также для пневматической флотации – сепарации физически и химически различных веществ. К бесспорным преимуществам аэрационных трубчатых мембран относится длительный срок службы (до 12 лет), высокая химическая и механическая устойчивость. Аэрационные трубчатые мембраны изготавливаются из полиуретанового эластомера с постоянной эластичностью, устойчивого к гидролизу, воздействию микроорганизмов и ряду химических соединений. Длина отдельной «аэрационной системы» может быть до 30 м, причем это не влияет на равномерность образования воздушных пузырьков по всей длине [1, 2, 6, 11, 17, 26].

Основные преимущества:

- равномерное и постоянное образование пузырьков по всей длине аэрационного элемента даже у очень длинных элементов (до 30 м);

- не происходит обратного проникновения жидкости и забивки мембраны при прерывании эксплуатации;

- минимальные потери давления (3-5 кПа, в зависимости от расхода и возраста системы);

- большой перенос кислорода;
- оптимизированная форма и размер перфорации;

- высокая прочность;
- оптимальная толщина стенки, обеспечивающая высокую механическую прочность;

- отличная химическая устойчивость;

- длительный срок службы;

- мембрана позволяет осуществлять автоматический отвод конденсата из аэрационной системы.

Для обеспечения кислородного режима в закрытых циркуляционных окислительных каналах активного ила также применяются мелкопузырчатые трубчатые полипропиленовые аэраторы.

Диаметр пузырьков, формирующихся наружным диспергирующим слоем трубчатых полипропиленовых аэраторов, 2 – 3 мм. Это обуславливает высокие массообменные характеристики и достаточное перемешивание иловой смеси. Благодаря воздушному зазору между каркасом и диспергатором, происходит разделение функций равномерного распределения воздуха по длине плети и его диспергации, что обеспечивает значительное снижение потери напора в аэраторе.

Конструктивно трубчатые полипропиленовые аэраторы (рис. 1) представляют собой волокнисто-пористую трубу (рис. 1 поз. 1), внутри которой размещена перфорированная поливинилхлоридная труба (рис. 1 поз. 2) меньшего диаметра с образованием воздушного зазора между ними (рис. 1 поз. 3). На торцах аэраторов предусмотрены присоединительные полиэтиленовые муфты (рис. 1 поз. 4) с внутренней и наружной резьбой.

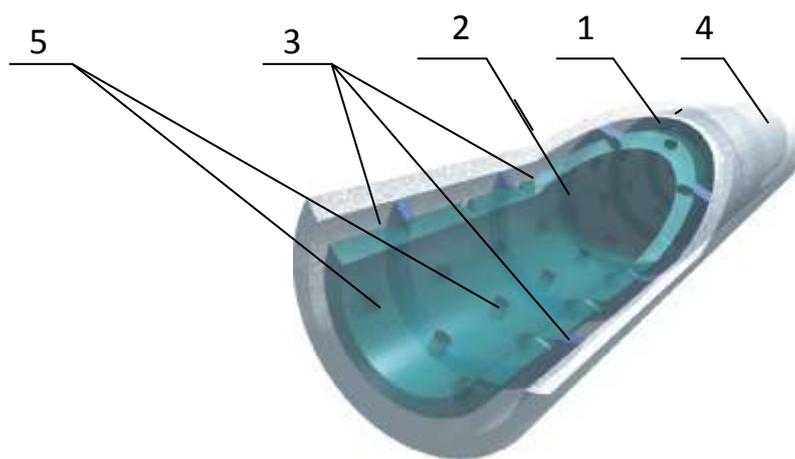


Рис. 1 Конструкция каркасного трубчатого полипропиленового аэратора

1 - волокнисто-пористая труба, 2 - перфорированная труба, 3 - воздушный зазор, 4 - полиэтиленовая муфта, 5 - перфорация трубы

Fig. 1 Construction of framework tubular polypropylene aerator

1 - fibred-porous pipe, 2 - perforated pipe, 3 - air-gap, 4 - polyethylene muff, 5 - perforation of pipe

Трубчатый диспергатор воздуха (волоконно-пористая труба) изготавливается из полиэтилена высокого давления методом пневмоэкструзии, сущность которого заключается в нанесении волокон из расплавленной массы полиэтилена на формообразователь под давлением воздуха.

Перфорация (рис. 1 поз. 5) поливинилхлоридной (полиэтиленовой) трубы выполняется для пропуска воздуха путем сверления или пропила заданной расчетной общей площади.

Подаваемый в систему сжатый воздух проходит внутри каркасной трубы и с помощью радиальных отверстий и воздушной прослойки равномерно распределяется через диспергирующую поверхность аэратора в обрабатываемую жидкость, образуя мелкие пузырьки.

Такая конструкция аэраторов позволяет обеспечить равномерное распределение воздуха в аэрируемой жидкости и добиться максимальной эффективности аэрации.

Общая площадь перфорации внутренней трубы является оптимальным для распределения всего объема подаваемого воздуха. Перфорация обеспечивает равномерный выход и распределение воздуха в воздушных зазорах между перфорированной трубой и диспергирующим слоем аэратора. Наличие воздушных зазоров аэратора позволяет распределить поток воздуха по всей длине аэрационного луча.

Проходя через диспергатор, воздушный поток дробится на мелкие пузырьки, что способствует насыщению жидкости кислородом и эффективному использованию всего объема подаваемого воздуха.

Таким образом, используемые для аэрации смеси сточной воды и активного ила в закрытых циркуляционных окислительных каналах механические аэраторы имеют ряд недостатков, а именно: энергоемкость, малый эксплуатационный ресурс, износ сальников, малый перенос кислорода в сточные воды. Для повышения эффективности работы механических аэраторов, применение системы пневматической аэрации в закрытых циркуляционных окислительных каналах, позволит повысить качество биологической очистки сточных вод.

## ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является разработка способа интенсификации работы существующих циркуляционных окислительных каналов закрытого типа, для очистки сточных вод от малых городов и поселков Украины. Одним из направлений повышения интенсификации,

процесса аэрации сточных вод в закрытых циркуляционных окислительных каналах является использование комбинированных систем пневматической и механической аэрации.

При проведении исследований, по повышению интенсификации процесса аэрации сточных вод, по разработанной технологической схеме работы закрытых циркуляционных окислительных каналов с использованием систем пневматической аэрации и существующей механической аэрации, определены контрольные точки отбора количества растворенного кислорода в смеси сточной воды и активного ила, БПК и аммония солевого [12, 14, 18, 22-25].

В соответствии с существующей технологической схемой эксплуатации сооружений, циркуляционный активный ил, после вторичных вертикальных отстойников, поступает в резервуар активного ила и далее насосным агрегатом по напорному трубопроводу поступает непосредственно в систему распределительных лотков, по которым сточные воды самотеком подаются в закрытые циркуляционные окислительные каналы. Регулировка количества подаваемой смеси сточной воды и активного ила осуществляется с помощью щитовых затворов вручную.

Для подачи сжатого воздуха в систему пневматической аэрации, был использован, подобранный на основе технического задания, компрессор 3D38C-100 (производитель фирма «Кубичек», Чехия). В качестве аэрационных элементов (рис. 2.), использованы трубчатые аэраторы АПКВ-120 (аэратор полимерный, каркасный с воздушным зазором, длиной 2,0 м и наружным диаметром 120 мм), производитель фирма «ЭКОТОН», Украина. Характеристика каркасного трубчатого полипропиленового аэратора АПКВ-120 представлена в таблице 1.

Исследования по повышению интенсификации процесса аэрации сточных вод, проводились при подключении струйной механической аэрации к напорным трубопроводам подачи циркуляционного активного ила в закрытые циркуляционные окислительные каналы.

Использование пневматической аэрации в циркуляционных окислительных каналах считается неэффективным, потому что из-за небольшой глубины, не более 1,2 метров, время контакта пузырьков воздуха со сточными водами ограничено. Для увеличения времени контакта пузырьков воздуха со сточными водами предлагается создать гидравлические условия, при которых траектория движения пузырьков воздуха увеличится не менее чем в 2-3 раза. Осуществление поставленной задачи возможно при использовании погружных мешалок или применение механической аэрации при

использовании струйных аэраторов с донными раструбными рассеивателями.

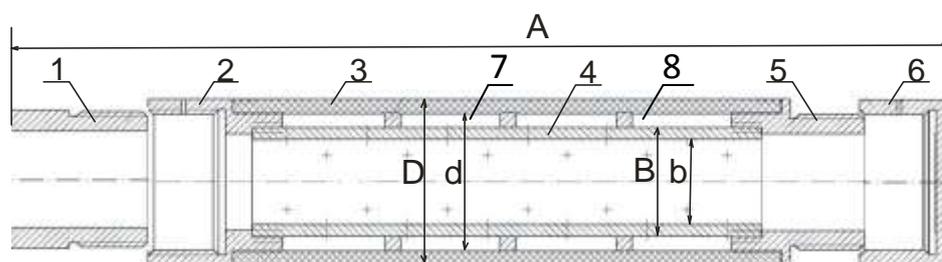


Рис. 2. Конструкция каркасного трубчатого полипропиленового аэратора АПКВ-120

1 - стальная муфта, 2 - муфта с внутренней резьбой, 3 - трубчатый диспергатор воздуха, 4 - каркас перфорированный, 5 - муфта с наружной резьбой, 6 - заглушка, 7 - воздушный зазор, 8 - кольцо распорное

Fig. 2. Construction of framework tubular polypropylene aerator of APFA- 120

1 - steel muff, 2 - muff with an internal screw-thread, 3 - tubular dispersant of air, 4 - framework perforated, 5 - muff with a male thread, 6 - choke, 7 - air-gap, 8 - spacer ring

Таблица 1. Характеристика каркасного трубчатого полипропиленового аэратора АПКВ-120

Table 1. Description of framework tubular polypropylene aerator of APFA - 120

Наименование	A (мм)	Вес	D (мм)	d (мм)	B (мм)	b (мм)
АПКВ – 1	1035	кг	120	100	90	79,6
АПКВ – 2	2035	кг	120	100	90	79,6

В соответствии с разработанной технологической схемой эксплуатации сооружений, циркуляционный активный ил, после вторичных вертикальных отстойников, поступает в резервуар активного ила и далее насосным агрегатом подается обратно в циркуляционные окислительные каналы через систему механической аэрации с использованием струйных аэраторов с донными раструбными рассеивателями [15, 16, 21]. При разработке и применении системы механической аэрации с использованием струйных аэраторов с донными раструбными рассеивателями, принималось во внимание степень перемешивания смеси, что исключает выпадение хлопьев биоценоза и взвешенных веществ.

Растворение кислорода в системе механической аэрации с использованием струйных аэраторов с донными раструбными рассеивателями происходит в напорном трубопроводе в смеси циркуляционного активного ила и сточной воды [15]. Зависимость количества инжектируемого воздуха от количества рабочей жидкости подающейся с насосной станции прямо пропорционально. При истечении струи циркуляционного активного ила у дна циркуляционного окислительного канала происходит направленное движение потока многофазовой системы через донный раструбный рассеиватель, при подпоре жидкости находящейся в циркуляционном окислительном

канале. В первый момент пузырьки воздуха отрываются на меньшие радиусы, а вторая фаза, имея большую плотность, преодолевает сопротивление подпора, создающееся водой в циркуляционном окислительном канале. Когда у струи, истекающей из донного раструбного рассеивателя, теряется энергия и уравнивается сила подпора, изменяется траектория движения [10, 15]. Таким образом, образуются две траектории перемешивания: первая – малый круг, вызванная пузырьками воздуха, и вторая – большой круг, вызванный направленным движением смеси сточной воды и активного ила в циркуляционном окислительном канале.

Высокая стоимость импортных погружных мешалок, сложность конструкции для их установки и обслуживания, установка не менее 6 штук, для функционирования исследуемых циркуляционных окислительных каналов, ставит под сомнение возможность их применения.

При использовании системы механической аэрации с использованием струйных аэраторов с донными раструбными рассеивателями для повышения эффективности пневматической аэрации циркуляционный окислительный канал делится на две зоны: зона активной аэрации и активного перемешивания, и аноксидной зоны с пассивным перемешиванием. В зоне активной аэрации и активного перемешивания, для подачи воздуха в закрытые циркуляционные

окислительные каналы, по дну прокладываются трубчатые пневматические аэраторы под углом и в количестве согласно расчетных параметров [18, 23].

Принципиальная схема работы экспериментальной установки системы пневматической аэрации в закрытом циркуляционном окислительном канале, для повышения интенсификации процесса аэрации сточных вод, состоит из двух блоков аэрационных элементов, в которых использованы трубчатые аэраторы АПКВ-120. Первый блок аэрационных элементов размещен на бетонных пригрузах, которые расположены по дну, в первом коридоре закрытого циркуляционного окислительного канала, на расстоянии 10 метров до механического горизонтального аэратора. Второй блок аэрационных элементов размещен на бетонных пригрузах, которые расположены по дну, в первом коридоре закрытого циркуляционного окислительного канала, на расстоянии 10 метров после механического горизонтального аэратора.

Исследования проводились при постоянно работающем механическом горизонтальном аэраторе и компрессоре. Данная работа осуществлялась путем закрытия сбросной задвижки Ø100, на подающем напорном трубопроводе циркуляционного активного ила в закрытые циркуляционные окислительные каналы, которая установлена над подающим сточные воды в ЦОК лотком. И далее открытием

задвижки Ø100 на напорном трубопроводе, по которому циркуляционный активный ил поступал на струйные механические аэраторы, которые установлены в начале первого коридора закрытого циркуляционного окислительного канала. Система механической аэрации, во время работы, не только насыщает смесь активного ила и сточной воды кислородом и перемешивает, но при прохождении направленного потока сточных вод над блоком аэрационных элементов, захватывает пузырьки воздуха, тем самым увеличивая его путь в 2,5-3 раза.

На основании полученных данных, при сравнении результатов до проведения экспериментов и при проведении экспериментов, по интенсификации процесса аэрации сточных вод в закрытых циркуляционных окислительных каналах с использованием системы пневматической аэрации и механической аэрации, установлено, что на участке от середины первого коридора и на протяжении второго коридора, наблюдается увеличение количества растворенного кислорода на 1,15-2,0 мг/л. При опорожнении от сточных вод закрытого циркуляционного окислительного канала, на дне не обнаружено отложения осадков.

Результаты количества растворенного кислорода при сравнении предложенных технологических схем по интенсификации системы аэрации смеси сточных вод и активного ила в закрытых циркуляционных окислительных каналах представлены в виде графика на рис. 3.

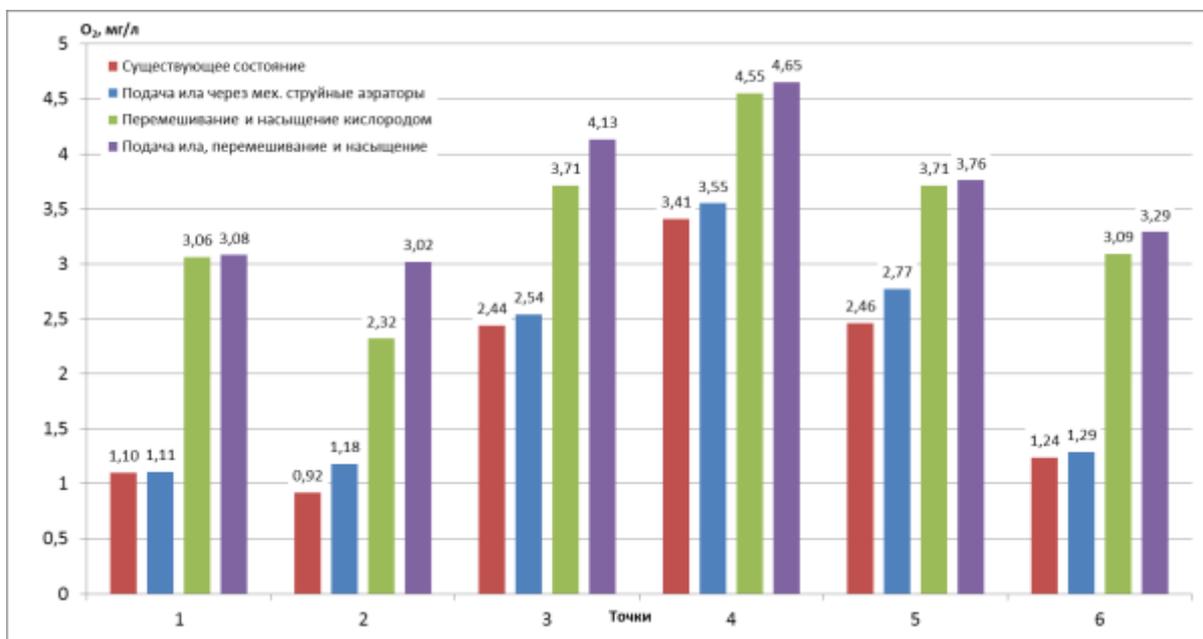


Рис. 3 Результаты количества растворенного кислорода при сравнении предложенных технологических схем по интенсификации системы аэрации смеси сточных вод и активного ила в закрытых циркуляционных окислительных каналах

Fig. 3 Results of dissolved oxygen in the comparison of the proposed process flow on the intensification of the aeration system mixture of wastewater and active sludge in closed circulation oxidative channels

## ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенные исследования по интенсификации процесса аэрации сточных вод в закрытых циркуляционных окислительных каналах показали, что без усложнения систем аэрации сточных вод достаточно сложно добиться удовлетворительных результатов очистки сточных вод. Использование в технологической схеме эксплуатации закрытых циркуляционных

окислительных каналов, системы циркуляции активного ила, после вторичных вертикальных отстойников, через систему механической аэрации с использованием струйных аэраторов, позволяет интенсифицировать перемешивание сточных вод и активного ила, исключая при этом, затраты на электроэнергию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Водовідведення і очищення стічних вод міста: Навчальний посібник / [Г.М. Смірнова, С.М. Епоян, І.В. Корінько та ін.]. – Харків: Каравела, 2003. – С.144.

2. Водовідведення та очистка стічних вод міста: Навчальний посібник / [О.А. Василенко, С.М. Епоян, Г.М. Смірнова та ін.]. – Київ-Харків: ТОВ «ТО Ексклюзив», С.2012. – 540.

3. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов / [С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, В.И. Калицун]. – М.: Стройиздат, 1996. – С.591.

4. Давиденко А.И. Интенсификация действующих сооружений механической очистки сточных вод / Давиденко А.И. // Экологія, технологія, економіка, водопостачання, каналізація (ЕТЕВК-2009): міжнар. конгр., 1-5 червня 2009 р.: зб. доп. – Ялта, 2009. - С. 283-286.

5. EU Environment Directorate. Phosphates and Alternative Detergent Builders – Final Report. Wre Ret: UC 4011 yune, 2002. – 334.

6. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / [Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.]; под общ. ред. В.Н. Самохина. – [2-е изд. перераб. и доп.]. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с. – (Справочник проектировщика).

7. Кравченко О.В. Основні проблеми очищення стічних вод в сучасних умовах / О.В. Кравченко, В.Ф. Скупченко, Л.І. Глоба // Экологія, технологія, економіка, водопостачання, каналізація (ЕТЕВК-2005): міжнар. конгр., 24-27 травня 2005 р.: зб. доп. – Ялта, 2005. - С. 354-359.

8. Малогабаритные очистные сооружения канализации / [Е.И. Гончарук, А.И. Давиденко, Я.М. Каминский и др.]. – Киев, «Будівельник», 1974. – С.256.

9. Очистка и обеззараживание сточных вод малых населенных пунктов / Э.С. Разумовский, Г.Л. Медриш, В.А. Казарян. – М. : - Стройиздат, 1986. – С.173: ил. – (Охрана окружающей природной среды).

10. Патент України № 96050 С2, С02 F3/20. Радіальний донний дисковий розсіювач. /С.М. Епоян, Ю.І. Штонда, О.Л. Зубко, І.Ю. Штонда. - № а 201001008; Заявлено 01.02.2010; Опубл. 26.09.2011; Бюл. № 18. – С.3.

11. Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения: [учебное пособие] / [А.А. Василенко, П.А. Грабовский, Г.М. Ларкина и др.]. – Киев-Одесса, КНУСА, ОГАСА, С.2007. – 307.

12. Самохвалова А.И., Шеренков И.А. Очистка сточных вод малых объемов (до 1400 м<sup>3</sup>/сут) с помощью циркуляционных окислительных каналов. // Науковий вісник будівництва. – Харків, ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2009. - Вип.52.- С.232-235.

13. Семчук Г.М. Сучасний стан і шляхи реформування підприємств водопровідно-каналізаційного господарства України / Г.М. Семчук // Экологія, технологія, економіка, водопостачання, каналізація (ЕТЕВК – 2005): між нар. конгр., 24-27 травня 2005р.:зб. доп. Ялта. 2005. – С. 13-22.

14. Stepan Epojjan, Irina Shtonda, Yuriy Shtonda, Aleksey Zubko, Yuriy Zvyagintsev. Solar energy usage for the improvement of the treatment efficiency and operation stability at small-scale wastewater treatment plants. // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Volume 13С. – Simferopol-Lublin. – 2011. С. 91-96.

15. Таварткиладзе И.М. Технология и установка «ИМТЕХ» для очистки сточных вод / И.М. Таварткиладзе, О.М. Нечипор // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2005. – Вип. 30, Т.2. – С. 234-241.

16. Титов А.А. Направление интенсификации биокоагуляционной обработки городских сточных вод / А.А. Титов, С.М. Епоян, Г.С. Пантелей // Строительство и экология: XXVII науч.-техн. конф. ХГАГХ: тез. докл. – Харьков: ХГАГХ, 1996. – С. 28.

17. Хенце М. Очистка сточных вод / М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван; [пер. с англ.]. – М.: Мир, 2006. – С.480.

18. Штонда Ю.И., Эпоян С.М., Зубко А.Л. Интенсификация биологической очистки сточных вод в циркуляционных окислительных каналах на КОС г. Килия Одесской области. // Науковий вісник. - Одеса, ОДАБА. - 2011.- Вип.42.- С.301-306.

19. Эпоян С.М. Повышение эффективности биологической очистки и доочистки сточных вод в закрытых циркуляционных окислительных каналах / С.М. Эпоян, И.Ю. Штонда, Ю.И.

Штонда, А.Л. Зубко, Яна Лешенарова // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2014. - Вип. 1(75). - С. 106-108.

20. Эпоян С.М. Повышение эффективности очистки сточных вод от соединений азота на малогабаритных канализационных очистных сооружениях / С.М. Эпоян, И.Ю. Штонда, Ю.И. Штонда, А.Л. Зубко // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2011. - Вип. 63. - С. 493-498.

21. Эпоян С.М. Применение метода биокоагуляции при эксплуатации системы биологической очистки сточных вод на КОС «Алушта» в осенне-зимний период для энергосбережения / С.М. Эпоян, В.М. Атаманчук, Ю.И. Штонда, А.Л. Зубко // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2008. - Вип. 50. - С. 161-166.

22. Эпоян С.М., Штонда И.Ю. Повышение эффективности биологической очистки сточных вод в циркуляционных окислительных каналах. // Науковий вісник будівництва. - Харків, ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2011. - Вип.64. - С.252-255.

23. Эпоян С.М., Штонда И.Ю. Существующее состояние очистки сточных вод на малых канализационных очистных сооружениях в АР Крым. // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2012. - Вип.71. - С.366-370.

24. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Зубко А.Л., Звягинцев Ю.М. Интенсификация работы малогабаритных

канализационных очистных сооружений с использованием солнечной энергии. // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. - Volume 12 C. - Simferopol - Lublin. - 2010. - С. 315-321.

25. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Интенсификация очистки сточных вод на малых канализационных очистных сооружениях. // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення // VII Міжнародна науково-практична конференція, 12-16 вересня 2011 р. Україна, м. Алушта, АР Крим. Збірник наукових статей. - том I, - С. 323-326.

26. Яременко Л.В. Современные приемы интенсификации работы канализационных очистных сооружений / Л.В. Яременко, Н.Д. Лессик, В.Ф. Осадчий, А.В. Осадчий // Екологія, технологія, економіка, водопостачання, каналізація (ЕТЕВК-2005): міжнар. конгр., 24-27 травня 2005 р.: зб. доп. - Ялта, 2005. - С. 323-329.

#### INTENSIFICATION PROCESS OF SEWAGE AERATION IN THE CLOSED CIRCULATION OXIDIZING CHANNELS

**Summary:** results over of researches are brought on intensification process of sewage aeration for the increase of efficiency bioscrubbing in the closed circulation oxidizing channels.

**Key words:** waste water constructions, waste water, aeration, biological treatment, closed circuit oxidative channels.