

КОНТАКТНО-СТАБИЛИЗАЦИОННЫЕ АЭРОТЕНКИ С МУЛЬТИСТРУЙНЫМИ АЭРАТОРАМИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

С. Г. Белов¹, Е. И. Дмухайло², М. А. Таратенкова³

¹ Доцент, БрГТУ, Брест, Беларусь, vvit@bstu.by

² Брест, Беларусь, vvit@bstu.by

³ Старший преподаватель, БрГТУ, Брест, Беларусь, vvit@bstu.by

Аннотация

В статье рассматривается одно из направлений совершенствования технологии биологической очистки сточных вод – применение контактно-стабилизационных аэротенков. Отмечается, что данный тип аэротенков обладает определёнными преимуществами по сравнению с традиционной технологией использования активного ила. Особое внимание уделяется конструкции и расчёту системы мультиструйной аэрации, позволяющей повысить эффективность контактно-стабилизационных аэротенков.

Ключевые слова: биологическая очистка, аэротенки, активный ил, контактно-стабилизационный процесс, струйная аэрация, энергоэффективность.

CONTACT-STABILIZATION AERATION TANKS WITH MULTI-JET AERATORS FOR URBAN WASTEWATER TREATMENT

S. G. Belov¹, E. I. Dmukhailo², M. A. Taratenkova³

Abstract

Аннотация The article discusses one of the directions for improving the technology of biological wastewater treatment - the use of contact-stabilization aeration tanks. It is noted that this type of aeration tank has certain advantages compared to traditional technology for using activated sludge. Particular attention is paid to the design and calculation of the multi-jet aeration system, which makes it possible to increase the efficiency of contact-stabilization aeration tanks.

Keywords: biological treatment, aeration tanks, activated sludge, contact-stabilization process, jet aeration, energy efficiency.

Введение. Для очистки сточных вод в средних и крупных городах Республики Беларусь применяются искусственные методы биохимической очистки активным илом (актилом) в аэротенках.

При обычной схеме обработки сточных вод, состоящей из решеток, песколовков, первичных отстойников, аэротенков, вторичных отстойников, хлора-

торных, контактных резервуаров и сооружений обработки осадка (метантенки, аэробные стабилизаторы), стоимость аэротенков со всем оборудованием для аэрации составляет 20-30 % общей стоимостью очистных сооружений.

Интенсификация работы аэротенков позволяет значительно сократить строительные и эксплуатационные расходы и, следовательно, снизить себестоимость очистки сточных вод. Одним из методов интенсификации работы аэротенков является контактно-стабилизационный процесс.

Технологической основой контактно-стабилизационного метода является разделение процесса окисления загрязнений сточных вод на две стадии: сорбирование загрязнений на хлопьях актила в течение кратковременного контакта в условиях интенсивного перемешивания, аэрирования и окисление сорбированных загрязнений на хлопьях актила после отделения их из воды, из которой изъятые загрязнения. Первая стадия происходит в бассейне контакта актила со сточной жидкостью от 0,5 до 2 часов. Вторая стадия осуществляется в бассейне стабилизации, где актил окисляет загрязнения в процессе их усвоения (ассимиляции) и стабилизируется. Суммарное приведенное время пребывания сточных вод в аэротенке 4-6 часов. Иловая смесь из бассейна контакта поступает во вторичный отстойник, осевший актил целиком перекачивается в бассейн стабилизации, откуда после обработки поступает вновь в бассейн контакта. Избыточный актил удаляется из бассейна стабилизации на уплотнение и дальнейшую обработку.

В контактно-стабилизационных аэротенках (КСА) более полно используется сорбционные свойства актила, поэтому этот метод называется также биосорбционным.

Для более полного смешения стабилизированного актила с загрязнениями необходимо увеличение затрат энергии на перемешивание среды. Для аэрации и интенсивного перемешивания смеси актила и сточной жидкости в аэротенке применяются мультиструйные аэраторы (МСА) с удлиненной вертикальной трубчатой бездиффузорной камерой смешения типа «аэрационный стояк», которые обеспечивают резкое ускорение процессов сорбции и окисления за счет усиления интенсивности массообмена в системе вода – хлопья актила – загрязнения – кислород.

Увеличение скорости массообмена выражается в том, что вокруг хлопьев актила чаще сменяется жидкость, насыщенная кислородом и содержащая органические загрязнения. Хлопья актила размельчаются в рабочем колесе циркуляционного насоса и аэрационных трубах МСА, увеличивая тем самым суммарную площадь их поверхности и, следовательно, площадь контакта микроорганизмов актила с жидкостью, насыщенной питательными веществами и кислородом. Размельчение хлопьев актила не является неблагоприятным фактором, так как актил, попадая в состояние покоя в отстойнике, очень быстро укрупняется и хорошо оседает. Применение МСА позволяет исключить из схемы воздухоподводящую станцию и распределительные системы к пневмоаэраторам. Контактно-стабилизационный аэротенк с МСА представляет собой прямо-

угольный в плане ж/б резервуар, разделенный перегородкой на бассейны контакта и стабилизации (рис 1).



Рисунок 1 – Технологическая схема контактно-стабилизационного аэротенка

Результаты и обсуждение. Кафедрой ВВиОВР БрГТУ разработана новая конструкция мультиструйного аэратора (МСА) для оснащения КСА, основным элементом которой являются вертикальные трубы-аэраторы. Этот аэратор совмещает в себе достоинства механических и пневматических аэраторов.

МСА в комплекте с погружными насосами способна сочетать различные функции насыщения кислородом и перемешивание сточных вод в резервуарных усреднителях или иловой смеси в аэротенках не требуя устройства воздухоподводящих станций для аэрации.

Требуемая величина технологических глубин составляет 0,5-6,0 м. Окислительная способность или производительность по кислороду единицы МСА может изменяться в пределах 1,0-50 кг O_2 /ч, объем подсасываемого воздуха 10-300 л/с. Установленная мощность не должна превышать 80 Вт/м³ аэротенка. При ее значениях менее 25-40 Вт/м³ в аэротенках с МСА следует размещать мешалки.

На рисунке 2 изображен продольный и поперечный разрезы МСА.

МСА работает следующим образом: при подаче иловой смеси из КСА погружным насосом 1 под давлением в верхнее плечо трубопровода 2 из вертикально расположенных цилиндрикоконических насадков 6 истекают с высокой скоростью (10-20 м/с) струи иловой смеси. При этом энергия давления превращается в скоростной напор струи. При входе струи в вертикальные аэрационные трубы давление на начальном участке аэрационной трубы падает ниже атмосферного и через отверстие воздухозаборника 4 воздух засасывается в струи иловой смеси, дробясь на мелкие пузырьки за счет турбулентной пульсации волнового пограничного слоя струи. Газожидкостная смесь транспортируется

по аэрационным трубам 7 ко дну КСА, растекаясь в радиальном направлении, обеспечивая насыщение иловой смеси кислородом и ее перемешивание, при обеспечении незаиляющих донных скоростей в КСА. Дефлектор 8, расположенный в нижней части центральной аэрационной трубы обеспечивает дополнительное перемешивание под МСА.

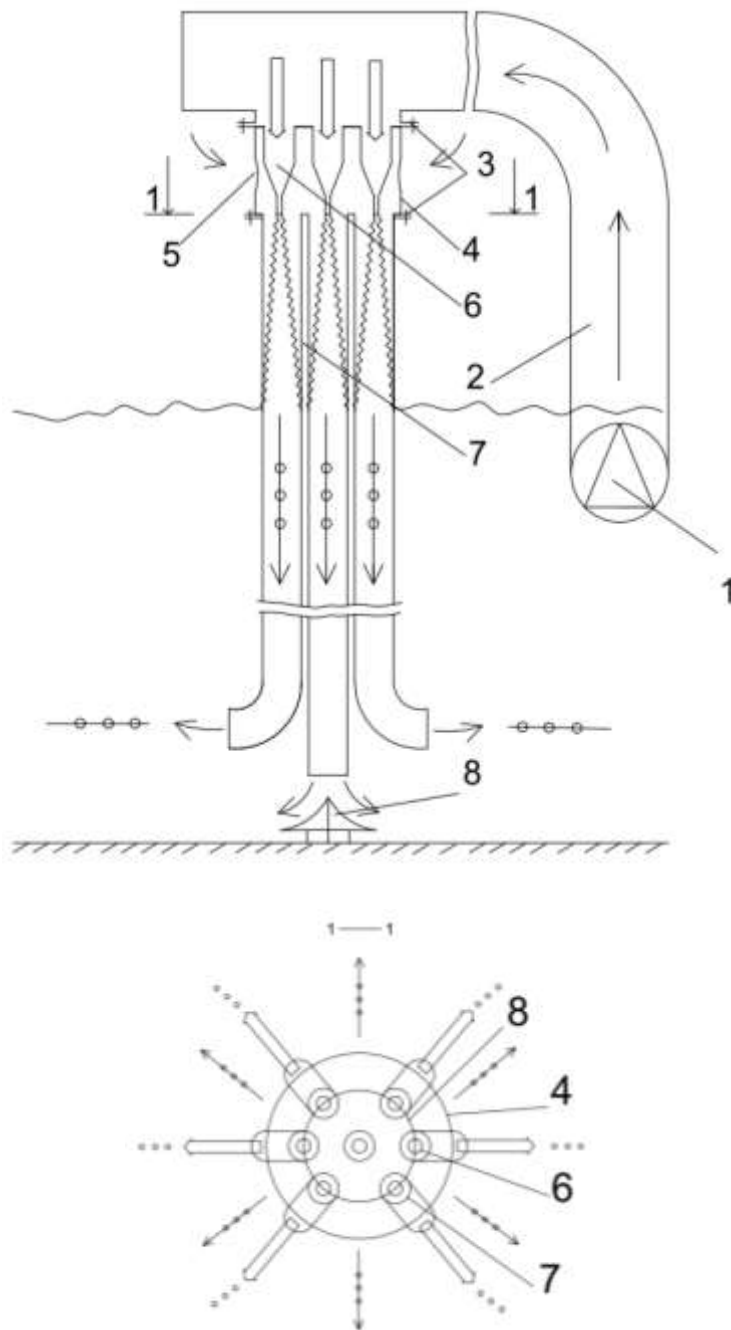


Рисунок 2 – Мультиструйный аэратор (МСА) кафедры ВВиОВР БрГТУ
 1- погружной насос; 2 - трубопровод подачи смеси; 3 - соединительные фланцы;
 4 - воздухозаборник; 5 - отверстия для подсоса воздуха; 6 - цилиндрикоконические насадки; 7 - аэрационные трубы; 8 – дефлектор.

Предлагаемый МСА позволяет увеличить зону газонасыщения кислородом при удовлетворительном перемешивании в аэрируемом объеме КСА.

Исходя из требований обеспечения необходимой окислительной способности или производительности по кислороду q_0 , общее число МСА определяется как:

$$n = \frac{W}{q_0} \quad (1)$$

$$W = \frac{Z \cdot (L_0 - L_t) \cdot Q}{K_k \cdot \left\{ 1 - \left(\frac{C}{C_t} \left[\frac{10.3}{10.3 + 0.5 \cdot H_p} \right] \right) \right\}} \quad (2)$$

где Z – удельный расход кислорода, мг на 1 мг снятой БПК_{полн}, равной 0,9-1,0 в зависимости от степени очистки;

L_0, L_t – БПК_{полн}, соответственно поступающих и очищенных сточных вод, мг $O_2/дм^3$;

Q – расход сточных вод, $м^3/ч$;

K_k – коэффициент качества воды, равный 0,6-0,85 в зависимости от вида сточных вод;

C – средняя концентрация растворенного кислорода в аэротенке, равна 2 мг/дм³;

C_t – растворимость кислорода в аэротенке при данной температуре, мг/дм³;

H_p – глубина погружения газожидкостной струи аэратора под уровень жидкости в аэротенке, м.

Коэффициент эжекции $K_{\text{э}}$ аэрационных труб МСА определяется из выражения:

$$K_{\text{э}} = \frac{Q_{\text{г}}}{Q_{\text{ж}}} = 1.75 \cdot 10^{-6} (Re \cdot \sqrt{Fr})^{0.75} \frac{L_c^{0.75}}{R_0} \left(\frac{H_p}{H_v} \right)^{0.83} \cdot m \quad (3)$$

Где

$Q_{\text{г}}, Q_{\text{ж}}$ – объемные расходы газа и жидкости, $м^3/с$;

Re, Fr – критерии Рейнольдса и Фруда:

$$Re = \frac{V_0 R_0}{\nu} \quad (4)$$

$$Fr = \frac{V_0^2}{g R_0} \quad (5)$$

L_c – высота истечения струи, м;

R_0 – гидравлический радиус насадка, м;

g – ускорение свободного падения, $м/с^2$;

V_0 – скорость истечения жидкости через насадок, $м/с$;

ν – кинематическая вязкость жидкости, $м^2/с$;

H_p – глубина погружения выходного отверстия аэрационной трубы под уровень жидкости, м;

m – количество аэрационных труб МСА, штук;

H_v – скоростной напор струи на выходе из насадка, м.

$$H_v = \frac{V_0^2}{2g} \quad (6)$$

$Q_{\text{ж}}$ – расход жидкости, $л/с$;

$$Q_{ж} = \mu \omega_n \sqrt{2gH_H} \cdot t \quad (7)$$

μ – коэффициент расхода насадка;

ω_n – площадь поперечного сечения насадка, м²;

H_H – напор жидкости перед насадком, м.

Производительность по кислороду:

$$q_0 = K_э \cdot 0.265 \cdot Q_{жс} \cdot K_u \quad (8)$$

0,265 – количество кислорода в кг, содержащегося в 1 м³ воздуха при нормальных условиях атмосферного давления и температуре 20⁰ С;

K_u – коэффициент использования кислорода воздуха:

$$K_u = 0.1 \cdot \sqrt{H_H} \quad (9)$$

Окончательное выражение для определения производительности по кислороду МСА:

$$q_0 = 2.65 \cdot 10^{-2} \cdot K_э \cdot Q_{жс}, \text{ кг/ч} \quad (10)$$

Эффективность аэрации \mathcal{E} в кгО₂/кВт·ч определяется из выражения:

$$\mathcal{E} = \frac{Q_{жс}}{N} \quad (11)$$

$$N = \frac{Q_{жс} \cdot H_H}{102 \cdot 1000}, \text{ кВт} \quad (12)$$

H_H – избыточное давление в метрах водяного столба перед насадками МСА.

Заключение. Аэрация в КСА посредством МСА, работающая в режиме самовсасывания, использует обычное насосное оборудование, что повышает надежность и долговечность системы при эффективности использования 1,5-2,5 кг О₂ на 1кВт·ч, что является хорошим показателем. Кроме этого, обеспечивается хорошее перемешивание и отсутствие застойных зон. Особенно актуальным является применение систем МСА в режиме периодической аэрации в бассейне контакта КСА, что позволяет увеличить дозу активного ила и увеличить объемы вторичных отстойников.

Список цитированных источников

1. Колобанов С.К. Проектирование очистных сооружений и канализации /С.К. Колобанов, А.В. Ершов, М.Е. Кигель// Киев «Будевильник»– 1977. – С. 224.
2. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки / Б.Ф. Лямаев // Машиностроение– 1988. – С.256.
3. Воронов В.Ю. Струйная аэрация / В.Ю.Воронов,В.В. Казанов, В.Ю.Толстой М. // Научное издание– 2007. – С.216.
4. Попович Т.С. Системы аэрации сточных вод / Т.С. Попович,Б.Н. Репин // Н. Строиздат. Охрана окружающей среды.–1986. – С. 136
5. Дмухайло Е.И.. ас. СССР № 148826.2