

АЭРАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ AERATION OF WASTE WATER IN LIVESTOCK FARMS

Губейдуллин Харис Халеуллович, доктор технических наук, профессор

Шигапов Ильяс Исхакович, кандидат технических наук, доцент

Кадырова Алеся Мансуровна, аспирант

Технологический институт – филиал ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

433510, Ульяновская область, г. Димитровград, ул. Куйбышева, 310,

Телефон (84235)2-07-2.

Ключевые слова: спиралевидная структура намотки, навозосодержащие стоки, пористая перегородка, барботаж, производительность, степень очистки, суспензии, осадок.

Разработано новое устройство для аэрации жидкости на основе барботажных аэраторов, которые обеспечивают значительное снижение энергозатрат за счёт специальной структуры диспергирующего слоя фильтросных труб.

В нашей стране только несколько крупнейших сельскохозяйственных предприятий используют очистные сооружения, но анализы показывают, что и после обработки сточных вод животноводческих ферм показатели загрязнения этих вод далеки от норм, регулируемых СанПиН. Наиболее рациональной представляется система очистки животноводческих стоков, включающая предварительную фильтрацию и отсеивание твердых фракций, а также последующее перемещение таких фракций в систему прудов, заселенных биологически активным илом. Этот способ достаточно эффективен, но окончательная доочистка воды должна происходить в комплексе с другими методами. Поскольку в навозных стоках содержится огромное количество болезнетворных бактерий, то в комплекс мероприятий по очистке сточных вод с животноводческого комплекса обязательно должен входить процесс обеззараживания [7]. Однако на комплексах аналитический контроль за навозосодержащими стоками и их биохимическим составом отсутствует. Стоки доильных залов представляют собой смесь естественных выделений животных, остатков корма, подстилки, песка, моющих средств, которая сильно разбавлена водой, используемой на технологические нужды, попадающей в стоки при различных системах смыва и уборки помещений доильных залов. Такие стоки

имеют сложный химический состав и характеризуются большой загрязненностью. Биологическая очистка сточных вод доильного зала в естественных условиях осуществляется на полях орошения или фильтрации и в биологических аэротенках. Аэробные процессы в аэротенках протекают при подаче в обрабатываемые стоки достаточного количества кислорода, необходимого для жизнедеятельности аэробных групп микроорганизмов [7,8]. Насыщение стоков кислородом воздуха происходит пневматическим или механическим способом. В результате естественного размножения микроорганизмов-минерализаторов и сорбирующей способности активного ила его количество в аэротенках все время возрастает. Обработанная вода вместе с активным илом поступает во вторичный отстойник, где происходит их разделение [9]. Излишек ила тормозит процесс очистки вследствие ухудшения кислородного режима в аэротенках, поэтому избыточную часть ила непрерывно удаляют. Конструктивно аэротенки могут быть объединены с первичными или вторичными отстойниками[.

Считается, что биологическая очистка – наиболее надежный и эффективный метод обеззараживания навозосодержащих стоков, с целью устранения вышеуказанных и других недостатков. С учетом этого нами предложены новые технические средства

для очистки стоков животноводческих ферм - барботажные аэраторы [4,6]. Причем наиболее эффективным является использование для очистки сточных вод животноводческих предприятий в аэротенках трубчатых текстильных барботажных аэраторов (рис. 1) [1, 2].

При использовании трубчатых текстильных аэраторов полностью отпадает необходимость в засыпных фракциях (кварцевом песке), т.к. сам процесс насыщения сточных вод кислородом [5] осуществляется при их прохождении через слоисто-каркасную намотку аэратора. Предложенные нами аэраторы обеспечивают формирование постоянного потока пузырьков воздуха, то есть создание равномерной мелкопузырчатой аэрации, которая получается за счёт формирования спиралевидной структуры намотки диспергирующего слоя аэратора (рис. 2).

Поскольку главная задача диспергирующих слоев аэраторов - это обеспечение формирования постоянного потока пузырьков воздуха минимального размера, а также создание требуемой скорости подачи воздуха в сточные воды, то весьма актуальным становится вопрос о пористости и проницаемости материалов, из которых изготавливают диспергирующие слои аэраторов. Так как проникновение воздуха сквозь твёрдое тело (пористую перегородку) может происходить по трещинам и порам, то проницаемость зависит от пористости перегородки Π , которую определяет объём пор в единице объёма тела [5, 6]:

$$\Pi = V_{\text{пор}} / V, \quad (1)$$

где: $V_{\text{пор}}$ - объём, занимаемый порами в общем объёме элемента диспергирующего слоя аэратора, м^3 ; V - объём диспергирующего слоя аэратора, м^3 .

Так как большинство аэраторов, при-



Рис. 1 – Трубчатый текстильный барботажный аэратор



Рис. 2 – Внешний вид аэратора спиралевидной структуры намотки

меняемых в очистных сооружениях, выпускают в виде труб с профильным каркасом и сформированном на нём диспергирующим покрытием, то целесообразно пористость диспергирующих перегородок выразить через плотность.

Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$, текстильной пористой перегородки

$$g = k_3 g_n, \quad (2)$$

где k_3 - коэффициент заполнения объёма пористой перегородки волокнистым (нитевидным) материалом; g_n - плотность нити, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Поскольку масса пористой перегородки диспергирующего слоя

$$m = \gamma \cdot V = \gamma_i \cdot V_i, \quad (3)$$

где V_n - объём, занимаемый нитями в общем объёме пористой перегородки диспергирующего слоя, м^3 , тогда очевидно, что

$$V = V_{nop} + V_n, \quad (4)$$

и

$$V_H = V \cdot k_3 = V \frac{\gamma}{\gamma_n}, \quad (5)$$

тогда

$$V_{nop} = V - V_H = V - V k_3 = V(1 - k_3)$$

Пористость структуры диспергирующего слоя аэратора:

$$\Pi = \frac{V_{nop}}{V} = 1 - k_3 = 1 - \frac{\gamma}{\gamma_n}. \quad (6)$$

Из полученного выражения следует, что для увеличения пористости (воздухопроницаемости) перегородки диспергирующего слоя аэраторов необходимо уменьшать плотность самих волокон и плотность всей перегородки [1,2].

На практике иногда используют понятие коэффициент пористости, который определяют по формуле:

$$K_n = \frac{V}{V_H} = \frac{\gamma_n}{\gamma}. \quad (7)$$

Тогда пористость $\Pi = 1 - 1/K_n$.

Если в качестве диспергирующего слоя аэратора [10,11] используют сомкнутую намотку, то

$$\gamma = \frac{1}{c^2},$$

$$\gamma_n = \frac{4}{\pi c^2} \quad (8)$$

где c - коэффициент, характеризующий рыхлость нити.

Тогда пористость сомкнутой намотки нитей на каркас аэратора

$$\Pi = 1 - \frac{\gamma}{\gamma_n} = 1 - \frac{\pi}{4} = 0,125. \quad (9)$$

Данная величина будет постоянной для любого вида нитей и характеризует максимально возможную плотность пористой перегородки, обусловленную упорядоченным (без промежутков) расположением нитей в структуре намотки (диспергирующего слоя). Спиралевидная намотка [2] относится к замкнутым, характеризующимся сотовой (ячеистой) структурой расположения

нитевидного материала на каркасе (рис. 2). Плотность спиралевидной намотки зависит от степени замыкания намотки p и может быть определена по формуле [3]:

$$\gamma = \frac{4TP \cos \frac{\beta}{2}}{\pi D \delta \cdot 10^5 \sin \beta} = \frac{4TP \cos \frac{\beta}{2} \cdot \text{tg} \frac{\beta}{2}}{h \delta \cdot 10^5 2 \sin \frac{\beta}{2} \cos \frac{\beta}{2}} = \frac{2 \cdot TP}{h \delta \cdot 10^5 \cos \frac{\beta}{2}}, \quad (10)$$

где T - линейная плотность нити, текс; D - диаметр намотки паковки, м; δ - толщина объемного слоя пористой перегородки, м; β - угол скрещивания витков;

$h = \frac{\pi D}{\text{tg}(0,5\beta)} = \frac{h_k}{i_o}$ шаг витков намотки, м; $h_k = 2H / k$ - шаг канавки кулачка нитеразкладчика мотального механизма; i_o - общее передаточное отношение от веретена к кулачку нитеводителя; H - высота намотки паковки, м; p - степень замыкания намотки.

При формировании замкнутых (сотовых) намоток общее передаточное отношение от нитеводителя к паковке [3]

$$i_o = \frac{1}{k} \left(\frac{z}{p} + n_1 \right), \quad (11)$$

где k - число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения нитеводителя; z - кратность замыкания намотки; $z = 1$, n_1 - целая часть числа $k i_o$;

Путём изменения i_o , а, следовательно, и степени замыкания намотки p , можно варьировать требуемой плотностью намотки паковок g в довольно широких пределах и обеспечивать тем самым требуемую пористость и проницаемость перегородки диспергирующего слоя аэраторов.

При $p = h \cos(0,5\beta)/d$, где d - диаметр нити, м, получаем p -сомкнутую намотку, т.е. всё пространство на развёртке намотки заполняется нитями. Поэтому для формирования спиралевидных (сотовых) замкнутых намоток должно соблюдаться условие:

$$1 \leq p \leq \left[\frac{h \cdot \cos \frac{\beta}{2}}{d} \right],$$

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}},$$

где

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{V_H}{V} = \frac{h_k n_k}{\pi \cdot D_в}.$$

поскольку:

Приняв в формуле (10) величину $\delta = 2d$, получим:

$$\gamma = \frac{TP}{hd \cdot 10^5 \cos \frac{\beta}{2}}.$$

С учетом изложенного выше

$$\gamma = \frac{\sqrt{1 + \frac{h_k}{\pi^2 D^2 i_0^2}}}{hD \cdot 10^5}, \text{ кг/м}^3$$

Подставляя в данную формулу требуемые значения параметров замкнутой или спиралевидной (сотовой) намотки, можно определить теоретическую плотность структуры намотки, а следовательно, и её пористость.

Спиралевидная структура намотки является производной от замкнутых и сомкнутых структур – поры у данного вида намотки в радиальном направлении располагаются по спиралям Архимеда и образуют каналы. Это позволяет направлять поток пузырьков воздуха по направлению каналов в структуре намотки и выбрасывать их по касательной к поверхности, значительно увеличивая зону аэрируемых объёмов стоков.

Схема спиралевидной структуры намотки показана на рис. 3. У опережающей намотки спирали закручены по часовой стрелке, а у отстающей - против.

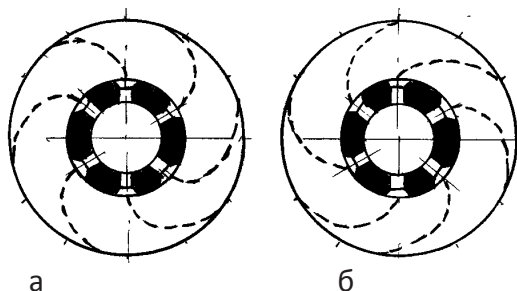


Рис. 3 - Схема барботажных аэраторов, диспергирующей слой которых сформирован спиралевидной намоткой:

а) отстающая; б) опережающая

Проведённые в Технологическом институте исследования позволили определить оп-

тимальную структуру диспергирующего слоя аэратора [10], обеспечивающую повышенное качество перемешивания сточных вод с кислородом.

Библиографический список

1. Губейдуллин, Х.Х. Сравнительный анализ использования фильтровальных перегородок плоских и трубчатых текстильных фильтров / Х.Х. Губейдуллин, И.И. Шигапов // Вестник УГСХА № 1. - Ульяновск, 2011, С. 123 - 126.
2. Шигапов И.И. Разработка и исследование процесса формирования структур намоток пористых перегородок трубчатых текстильных фильтров: Дис. ... канд. техн. наук: Москва, 2005. - 182 с.
3. Патент РФ № 114045 Мотальный механизм / Губейдуллин Х.Х. (RU), Шигапов И.И. (RU) - Опубл. 10.03.2012 г., Бюл. № 13.
4. Губейдуллин, Х.Х. Очистка животноводческих стоков активным илом / Х.Х. Губейдуллин, И.И. Шигапов, А.М. Кадырова // Сельский механизатор. 2012. № 4, С. 28 - 29.
5. Шигапов, И.И. Кинетика процесса переноса воздуха при очистке сточных вод молочных ферм / И.И. Шигапов, Х.Х. Губейдуллин // Сельский механизатор. 2012. № 4, с. 29.
6. Губейдуллин, Х.Х., Трубчатый барботажный аэратор / Х.Х. Губейдуллин, И.И. Шигапов, М.А. Бояркина, Н.В. Чумакова, В.А. Кологреев // Сельский механизатор. 2011. № 4, с. 26 - 27.
7. Губейдуллин, Х.Х. Совершенствование технологии и технических средств для очистки сточных вод на животноводческих фермах / Х.Х. Губейдуллин, И.И. Шигапов, А.М. Кадырова, М.Р. Хафизов, Р.Н. Минвалиев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2012. № 07, С. 51 - 55.
8. Шигапов, И.И. Очистка сточных вод на животноводческих фермах / И.И. Шигапов, А.М. Кадырова // Аграрная наука. 2012. № 6, С. 30 - 32.
9. Шигапов, И.И., Новые технологии и оборудование для переработки навоза свинок-комплексов, коровников и птицефабрик / И.И. Шигапов, А.М. Кадырова // Естественные и технические науки. 2012. № 4, С. 362 - 366.
10. Патент РФ № 120644 Аэратор трубчатый / Губейдуллин Х.Х. (RU), Шигапов И.И. (RU), Кадырова А.М. (RU) - Опубл. 27.09.2012 г., Бюл. № 27.
11. Murskii A.D., Shigapov I.I. Interactin of a liquid stream with a solid. Chemical and Petroleum Engineering. 2012. Т. 48. № 1 - 2, С. 84 - 86.