

УДК 628.3

**ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

**PERFECTION OF TECHNOLOGY AND MEANS FOR SEWAGE TREATMENT
IN CATTLE-BREEDING FARMS**

*Х.Х. ГУБЕЙДУЛЛИН, И.И. ШИГАПОВ, А.И. ПАНИН, А.В. ПОРОСЯТНИКОВ, С.С. ЛУКОЯНЧЕВ
H.H. GUBEYDULLIN, I.I. SHIGAPOV, A.I. PANIN, A.V. POROSYATNICOV, S.S. LUKOYANCEV*

(Технологический институт – филиал
Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии им П.А.Столыпина)
(Institute of Technology – a branch of Ulyanovsk State Agricultural Academy named Pyotr Stolypin)
E-mail: tiugsha@gmail.com

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

Association of processes of hashing and oxidation has demanded working out of the new device for liquid aeration on a basis sparging aerators which provide considerable decrease in power inputs, at the expense of special structure of a dispersing layer filtered pipes.

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

Keywords: helical structures of winding, muckcontaining waste, porous baffle, sparging, productivity, the level of purification, suspensions, sludge.

В настоящее время очистка сточных вод животноводческих предприятий является очень актуальной проблемой. В нашей стране только несколько крупнейших предприятий используют очистные сооружения, но анализы показывают, что и после обработки показатели загрязнения далеки от норм, регулируемых СанПиН по

очистке сточных вод с животноводческих ферм. В настоящее время стоки животноводческих ферм и комплексов включены как источники загрязняющих и биогенных веществ, пагубно влияющих на водные объекты. Однако на данных объектах отсутствует аналитический контроль за навозосодержащими стоками и их биохимическими показателями.

мическим составом. 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. Они имеют сложный химический состав и характеризуются большой загрязненностью. В гигиеническом отношении наиболее информативны для оценки навозосодержащих стоков такие показатели, как рН, взвешенные вещества, прозрачность, БПК, ХПК, азот аммиака, микробное число.

Для решения этой проблемы в Технологическом институте разработано устройство для разделения навозных стоков на фракции, представленное на рис. 1. Устройство для разделения навоза на фракции отличается тем, что в качестве выгрузочного приспособления используется спирально-винтовой механизм. А с целью повышения производительности и рециркуляции жидкой фракции устройство

снабжено аэрационной колонной. Стоки животноводческих ферм поступают в устройство для разделения навоза на фракции через подводящий патрубок. В камере смешения стоки перемешиваются с помощью спирально-винтового устройства и обогащаются кислородом для развития активного ила от аэрационной колонны через перфорированное дно. Осветленная жидкая фракция через перфорацию перегородки вытесняется из камеры смешения в аэрационную зону, очищается во взвешенном слое и по отводящему патрубку поступает для дальнейшей очистки и фильтрации. Твердая фракция с помощью спирально-винтового устройства перемещается горизонтально вдоль камеры смешения, затем вертикальным спирально-винтовым устройством выгружается через разгрузочный лоток для дальнейшего использования. Непрерывная рециркуляция жидкой фракции обеспечивается аэратором, исходные навозные стоки эжектируются.

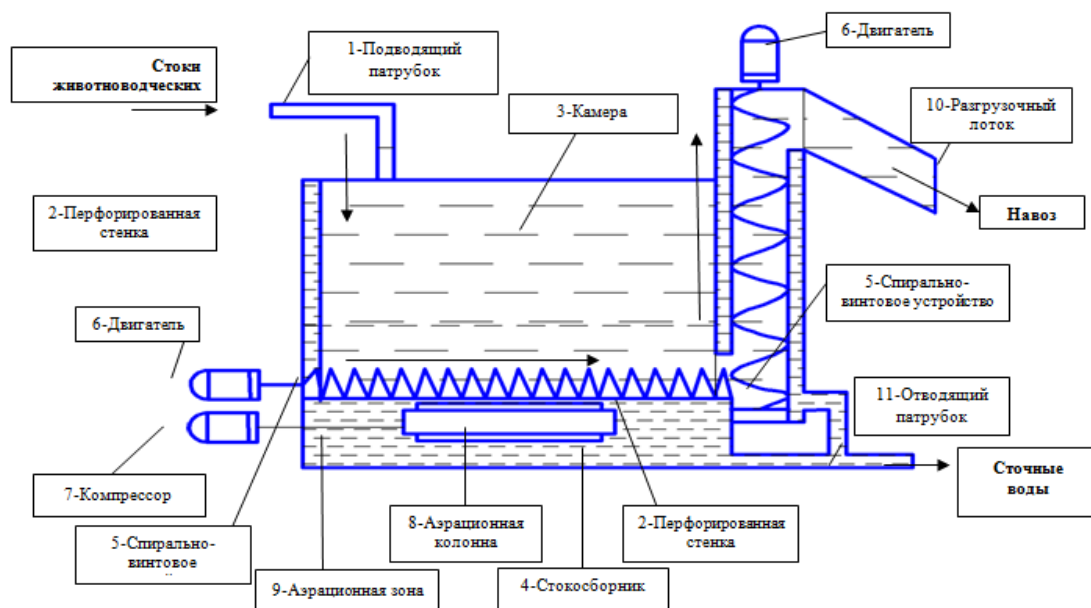


Рис. 1

Эффективность процесса очистки в аэротенках зависит от состава и свойства навозосодержащих стоков. Аэробные процессы в аэротенках протекают при подаче в обрабатываемый сток достаточного ко-

личества кислорода, необходимого для жизнедеятельности аэробных групп микроорганизмов. Насыщение кислородом воздуха происходит пневматическим или механическим путем. В результате есте-

ственного 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. Часть осевшего активного ила возвращается в аэротенки для повторного использования. Излишек ила тормозит процесс очистки вследствие ухудшения кислородного режима в аэротенках, поэтому избыточную часть его непрерывно удаляют. Конструктивно аэротенки могут объединяться с первичными или вторичными отстойниками. На сегодняшний день нами предложены новые разработки для очистки вод от стоков животноводческих ферм, которые вызывают большой интерес. Считается, что биологическая очистка – наиболее надежный и эффективный метод обеззараживания навозосодержащих стоков. С целью устранения вышеуказанных и других недостатков в Технологическом институте – филиале Ульяновской ГСХА были проведены работы также по созданию новых аэрационных систем, в результате которых были созданы барботажные аэраторы, применяемые в устройстве для разделения навозных стоков на фракции. В связи с этим наиболее эффективным способом очистки сточных вод животноводческих предприятий является использование трубочатых текстильных барботажных аэраторов (рис. 2) в аэротенках [1, 2, рис. 5-а, б].



Рис. 2

При использовании трубочатых текстильных аэраторов полностью отпадает необходимость в засыпных фракциях, так как сам процесс насыщения кислородом осуществляется за счет прохождения ее через слоисто-каркасную намотку аэратора. Наши аэраторы обеспечивают возможность получения мелкопузырчатой массы воздушного потока, то есть создания равномерной мелкопузырчатой аэрации, размеры пузырьков воздуха должны быть на выходе из диспергирующего слоя минимальны и одинаковы, 1...2 мм в диаметре, что позволяет увеличить поверхность взаимодействия активного ила со стоками, а также исключения застойных зон под аэраторами, то есть дополнительный их барботаж, который получается за счет формирования спиралевидной структуры намотки [3], [4] диспергирующего слоя аэратора (рис. 3).



Рис. 3

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 изготавливаются диспергирующие слои аэраторов. Так как проникновение воздуха сквозь твердое тело (пористую перегородку) может происходить по трещинам и порам, то проницаемость зависит от пористости перегородки, которая определяется объемом пор в единице объема тела и выражается формулой [5], [6]:

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

где V – объем диспергирующего слоя аэратора; $V_{\text{пор}}$ – объем, занимаемый порами в общем объеме элемента диспергирующего слоя аэратора.

Так как основная масса аэраторов, применяемых в очистных сооружениях, выпускаются в виде труб с профильным каркасом и сформированном на нем диспергирующим покрытием, то целесообразно пористость диспергирующих перегородок выразить через объемную плотность.

Объемная плотность текстильной намотки пористой перегородки:

$$\gamma = K_3 \gamma_H, \quad (2)$$

где K_3 – коэффициент заполнения объема пористой перегородки волокнистым (нитевидным) материалом; γ_H – плотность нити, г/см³.

Поскольку масса пористой перегородки диспергирующего слоя

$$G = \gamma V = \gamma V_H, \quad (3)$$

где V_H – объем, занимаемый нитями в общем объеме пористой перегородки диспергирующего слоя, тогда очевидно:

$$V = V_{\text{пор}} + V_H \quad (4)$$

и

$$V_H = V k_3 = \frac{V \gamma}{\gamma_H}. \quad (5)$$

Тогда :

$$V_{\text{пор}} = V - V_H = V - V k_3 = V(1 - k_3).$$

Пористость структуры диспергирующего слоя аэратора:

$$\Pi = \frac{V_{\text{пор}}}{V} = 1 - k_3 = 1 - \frac{\gamma}{\gamma_H}. \quad (6)$$

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

На практике иногда пользуются понятием коэффициента пористости, который определяется по формуле:

$$K_{\Pi} = \frac{V}{V_H} = \frac{\gamma_H}{\gamma}. \quad (7)$$

Тогда пористость: $\Pi = 1 - 1/K_{\Pi}$.

Если в качестве пористой перегородки используется сомкнутая намотка, то:

$$\gamma = \frac{1}{C^2}, \quad (8)$$

$$\gamma_H = \frac{4}{\pi C^2},$$

где C – коэффициент, характеризующий рыхлость нити.

Тогда пористость сомкнутой намотки нитей на каркас аэратора составит:

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

Данная величина будет постоянной для любого вида нитей и характеризует максимально возможную объемную плотность пористой перегородки, обусловленную упорядоченным (без промежутков) расположением нитей в структуре намотки (диспергирующего слоя). Спиралевидная намотка относится к замкнутым, характеризующимся сотовой (ячеистой) структурой расположения нитевидного материала на каркасе (рис. 3). Их плотность зависит от степени замыкания намотки P и может быть определена по формуле, описанной в работе [3]:

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

где T – линейная плотность нити, текс; D – диаметр намотки паковки, см; δ – толщина объемного слоя пористой перегородки, см; β – угол скрещивания витков;
 $h = \frac{\pi D}{\beta} = \frac{h_k}{i_o}$ – шаг витков намотки, см;
 $h_k = \frac{2H}{k}$; i_o – общее передаточное отношение от веретена к кулачку нитеводителя.

При формировании замкнутых (сотовых) намоток общее передаточное отношение от нитеводителя к паковке определяется по формуле:

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

где k – число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения нитеводителя; z – кратность замыкания намотки; $z=1$; n – целая часть числа ki_o .

Путем изменения i_o , а следовательно изменяя и степень замыкания намотки P , можно варьировать требуемой плотностью намотки паковок в довольно широких пределах и обеспечивать тем самым требуемую пористость и проницаемость перегородки диспергирующего слоя аэраторов.

При

$$p = \left[\frac{h \cos \frac{\beta}{2}}{d} \right]$$

получаем p -сомкнутую намотку, соответствующая p -сомкнутой, то есть все пространство на развертке намотки заполняется нитями, поэтому для формирования спиралевидных (сотовых) замкнутых намоток должно соблюдаться условие:

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

где

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

поскольку:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{V_n}{V} = \frac{h_k n_k}{\pi D_B}$$

Приняв в формуле величину δ равной двум диаметрам нити ($\delta = 2d$), получим:

$$\gamma = \frac{T_p}{hD \cdot 10^5 \cos \frac{\beta}{2}}$$

С учетом имеем:

$$\gamma = \frac{\sqrt{1 + \frac{h_k}{\pi^2 D^2 i_o^2}}}{hD \cdot 10^5}, \quad \text{г/см}^2.$$

Подставляя в данную формулу требуемые значения параметров замкнутой, спиралевидной (сотовых) намоток, можно определить теоретическое значение объемной плотности структуры намотки, а следовательно, и ее пористости.

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, что позволяет разгонять поток пузырьков воздуха по направлению каналов в структуре намотки и выбрасывать их по касательной к поверхности фильтросной трубы, значительно увеличивая зону аэрируемых объемов стоков.

ВЫВОДЫ

1. Навозосодержащие стоки доильных залов представляют собой сложное сообщество микроорганизмов и являются экологически опасными источниками загряз-

нения водных и почвенных ресурсов. Применение барботажных аэраторов в системах очистки сточных вод обеспечивает значительное снижение энергозатрат за счет специальной структуры диспергирующего слоя фильтросных труб.

2. Барботажные аэраторы обеспечивают улучшение качества очистки сточных вод при отсутствии потерь воздуха, улучшение седиментационных характеристик активного ила и снижение себестоимости очистки одного кубического метра стоков до 15%.

3. Спиралевидная структура намотки паковок, используемых в качестве аэраторов, обладает спиралевидным расположением пор и обеспечивает выход воздуха из аэратора по касательной к его поверхности, что в свою очередь резко увеличивает барботаж стоков и устраняет возможность образования застойных зон под аэраторами.

4. Оптимальная структура диспергирующего слоя аэратора должна обеспечивать мелкопузырчатую аэрацию сточных

вод, быть устойчивой к механическим воздействиям, не подвергаться биообращению, что возможно только за счет формирования мотальных паковок специального назначения в виде слоистокаркасных намоток на профильные трубы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971.

2. *Малиновская Т.А.* Разделение суспензий в промышленности органического синтеза. – М.: Химия, 1971.

3. *Зайцев В.П., Панин И.Н.* Исследование процесса формирования бобин сотовой намотки на машине «Бандомат» // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982, №3.

4. *Гордеев В.А., Зайцев В.П., Панин И.Н.* О замкнутых и сомкнутых крестовых намотках // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1983, №2. С.40...42.

Рекомендована кафедрой технологии производства переработки и экспертизы продукции АПК.
Поступила 03.02.15.