

УДК 677.023.628.3

**О СТРУКТУРЕ ДИСПЕРГИРУЮЩЕГО СЛОЯ  
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ АЭРАТОРОВ « ПАНТЕКС»**

*С.Д. НИКОЛАЕВ, И.Н. ПАНИН, Е.П. ЦИМБАЛЮК, М.А. БОЯРКИНА*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина,  
Ульяновский государственный университет)  
E-mail: office@msta.ac.ru

*Исследования, проведенные в условиях очистных сооружений МУП ВКХ "Димитровградводоканал", показали, что наиболее полно требованиям, предъявляемым к системам аэрации, отвечают аэраторы "Пантекс", диспергирующий слой которых сформирован слоисто-каркасной намоткой полипропиленовых нитей на перфорированный каркас с продольными воздушными каналами.*

*The research, made in the conditions of the treatment plants of МУП ВКХ «Димитровградводоканал» demonstrate that "Pantex" aerators, meets the demands made for the aeration systems to the utmost, the dispersant layer of such aerators are formed by laminated-covered winding of polypropylene threads on the perforated frame with air channels.*

**Ключевые слова:** диспергирующий слой, аэраторы, пористость, проницаемость, замкнутые, сомкнутые, спиралевидные намотки.

Известно [1], что при биологической очистке сточных вод используются пневматические аэраторы, обеспечивающие подачу воздуха в виде пузырьковой массы в аэробные минерализаторы и аэротенки. Конструкции аэраторов разнообразны, это и дисковые мембраны с микропорами, керамические трубы, фильтросные трубы с диспергирующим слоем, сформированным пневмоэкструзией полипропиленового волокна из расплава, аэраторы, диспергирующий слой которых сформирован слоисто-каркасной намоткой полипропиленовых нитей на перфорированный патрон

(аэраторы "Пантекс") и т.д. Большое многообразие структур аэраторов требует определения оптимальных параметров их работы, для чего следует уточнить основные требования, предъявляемые к системам аэрации, а точнее говоря, к структуре диспергирующих слоев данных систем.

Как показывает практика, аэраторы при биологической очистке должны:

– обеспечивать формирование мелкопузырчатой массы воздуха, подаваемого в аэротенк, причем размеры пузырьков воздуха должны быть минимальными (1÷2 мм);

- структура диспергирующего слоя должна быть устойчива как к механическим воздействиям, так и к перепадам давления подаваемого воздуха, для исключения явления "пробоя" диспергирующего слоя и образования "бурунов", то есть выхода воздуха не пузырьками а струей, что приводит к образованию застойных неаэрируемых зон в аэротенках, перерасходу воздуха и электроэнергии;

- диспергирующий слой аэраторов должен исключать явление кольматации (обрастание и закупорка пор осадками активного ила и песка);

- аэраторы должны обеспечивать устойчивую подачу воздуха длительный период времени (до 10 лет) и быть удобны в сборке и обслуживании;

- аэраторы должны быть дешевыми.

Как показали экспериментальные исследования, проведенные в условиях очистных сооружений МУП ВКХ "Димитровградводоканал", наиболее полно всем этим требованиям отвечают аэраторы "Пантекс", диспергирующий слой которых сформирован слоисто-каркасной намоткой полипропиленовых нитей на перфорированный каркас с продольными воздушными каналами. Структура намотки нитей обеспечивает не только заданную пористость и проницаемость диспергирующего слоя аэраторов, но задает направление движения пузырьковой массы воздуха на выходе, что особенно важно для расширения аэрируемых зон под фильтросными трубами.

В [2] было показано, что в зависимости от угла сдвига витков нитей между первой и  $p+1$  парами слоев все намотки можно подразделить на два элементарных вида – замкнутые и сомкнутые:

У  $p$ -замкнутых намоток (сотовой структуры) угол сдвига витков между первой и  $p+1$  парами слоев намотки равен:

$$\Psi_{1,p+1}=360Z, \quad (1)$$

где  $p = 1; 2; \dots$  – степень замыкания намотки;  $Z=0; 1; 2; \dots$  – кратность замыкания намотки.

У  $p$ -сомкнутых намоток (наиболее плотной структуры):

$$\Psi_{1,p+1}=360Z \pm \Psi_c. \quad (2)$$

В первом случае (при знаке плюс перед  $\Psi_c$ ) имеем опережающую, а во втором случае (при знаке минус перед  $\Psi_c$ ) имеем отстающую намотку.

Требуемый для получения намотки сомкнутой структуры (обеспечивающей минимальный размер пузырьков воздуха ( $1 \div 2$  мм)) угол сдвига витков может быть определен по формуле [3, с.36]:

$$\Psi_c = \frac{180}{\pi} \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}}, \quad (3)$$

где  $d$  – диаметр наматываемой нити;  $D$  – диаметр намотки диспергирующего слоя;  $\beta$  – угол скрещивания витков.

Для существующих толщин (диаметров) полипропиленовых нитей, используемых в формировании диспергирующего слоя аэратора,  $\Psi_c$  изменяется в пределах от 2 до 5°.

Однако существует еще один вид намоток, являющийся производным от замкнутых и сомкнутых структур – спиралевидный (рис. 1).



Рис. 1

У спиралевидной структуры угол сдвига витков:

при опережающей намотке

$$360Z + \Psi_c > \Psi_{1,p+1} > 360Z, \quad (4)$$

при отстающей намотке

$$2Z\pi > \Psi_{1,p+1} > 360Z - \Psi_c. \quad (5)$$

Точки А и В, показанные на рис.2, соответствуют опережающей и отстающей спиралевидным намоткам.

У опережающей намотки (рис. 3-а) спирали закружены по часовой, а у отстающей – (рис. 3-б) против часовой стрелки.

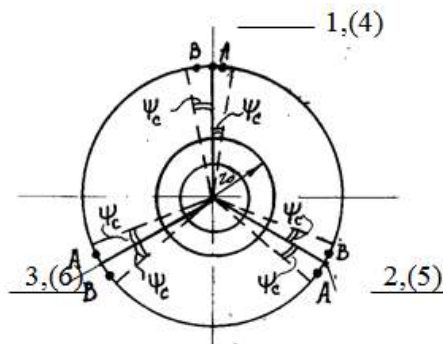


Рис. 2

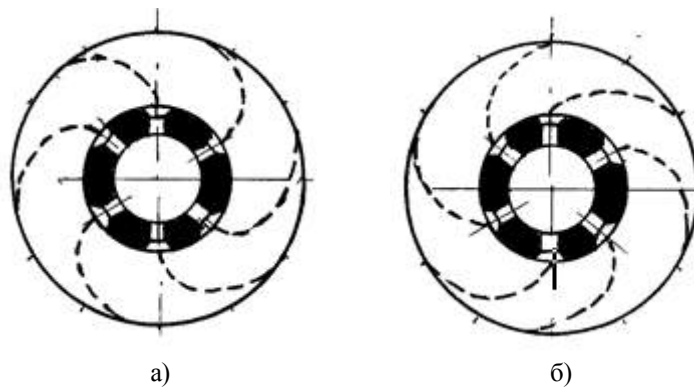


Рис. 3

На рис. 4-а показан механизм образования пор спиралевидной опережающей намотки. Витки  $p+1$  пары слоев намотки здесь частично (в нашем случае наполови-

ну) лежат на витках первой пары слоев, в результате чего образуются своеобразные спиралевидные соты, по которым и разгоняются пузырьки воздуха.

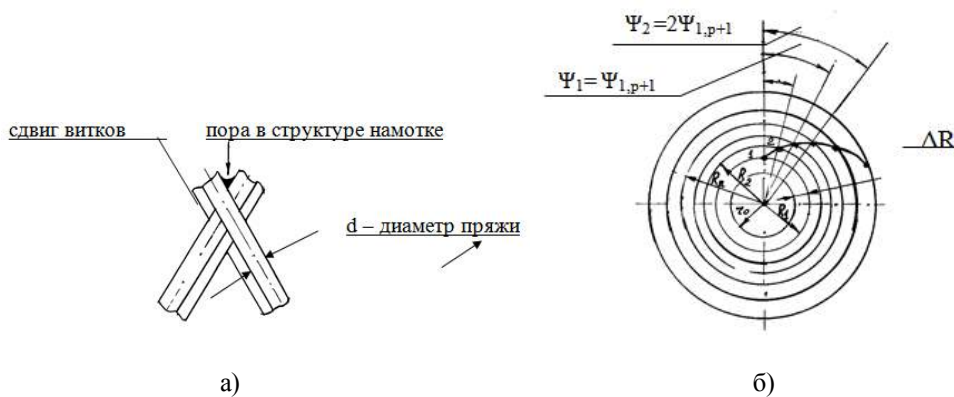


Рис. 4

Радиус намотки диспергирующего слоя может быть определен по формуле [4]:

$$R = \sqrt{r_0^2 + \left(\frac{h_k}{4\pi i_0}\right)^2} + \frac{T\phi}{2\pi N\gamma \cdot 10^5}, \quad (6)$$

где  $r_0$  – радиус перфорированного патрона, на который наматывается нить;  $h_k = 2H/k$  – шаг канавки кулачка нитеводителя;  $H$  – размах движения нитеводителя;  $T$  – линейная плотность наматываемых нитей, текс;  $\phi$  – угол поворота фильтросной трубы при формировании диспергирующего слоя;  $\gamma$  – удельная плотность намотки нити

в структуре диспергирующего слоя;  $k=1$  – число оборотов кулачка нитеводителя за цикл движения нити.

За  $p$  циклов движения нитеводителя паковка (аэратор) повернется при формировании намотки на угол:

$$\Delta\varphi = 2\pi k p i_0 \quad (7)$$

и приращение радиуса намотки  $\Delta R$  [см] составит:

$$\Delta R = \frac{T k p i_0}{N \gamma \cdot 10^5},$$

где  $i_0$  – общее передаточное отношение мотального механизма.

При этом витки  $p+1$ й пары слоев намотки сместятся относительно витков первой пары слоев на угол:

$$360Z + \Psi_c > \Psi_{1,p+1} > 360Z. \quad (8)$$

Перемещение луча (рис 4-б) с окружностью радиуса:

$$R_1 = \sqrt{r_0^2 + \left(\frac{h_k}{4\pi i_0}\right)^2} + \Delta R \quad (9)$$

обозначит первую точку формирования спирали – смещение по структуре намотки диспергирующего слоя:  $\Psi_n = n\Psi_{1,p+1}$ .

При повороте паковки на угол  $2\Delta\varphi$  радиус намотки возрастет на  $2\Delta R$ , а угол сдвига между первой и  $2(p+1)$ й пары слоев станет равным  $2\Psi_{1,p+1}$ .

Отложив луч из центра вращения паковки под углом  $2\Psi_{1,p+1}$ , получим в месте его пересечения с окружностью радиуса  $R_2 = R_1 + \Delta R$  точку 2 формируемой спирали и т.д.

Нетрудно видеть, что между углом сдвига:

$$\Psi_n = n\Psi_{1,p+1},$$

где  $n$  – номер очередного объемного слоя намотки толщиной  $\Delta R$ , и радиусом намот-

ки  $R$  существует прямо пропорциональная зависимость, то есть:

$$R_1 = \sqrt{r_0^2 + \left(\frac{h_k}{4\pi i_0}\right)^2} + a\psi, \quad (10)$$

где  $a$  – коэффициент пропорциональности.

Следовательно, формируемые в диспергирующем слое аэратора спиралевидные поры являются не чем иным, как спиралями Архимеда.

Наклон спирали зависит от величины угла сдвига витков  $\Psi_{1,p+1}$  и от скорости возрастания радиуса намотки  $R$  (то есть от линейной плотности наматываемой нити и удельной плотности намотки аэратора).

Разгон пузырьков воздуха по спиральям пор диспергирующего слоя аэратора способствует повышению барботажа стоков и задает направление воздушно-пузырькового потока на выходе из диспергирующего слоя, что следует учитывать при укладке фильтросных труб на "постель" аэротенков.

## ВЫВОДЫ

1. При формировании диспергирующего слоя аэраторов намоткой нитей обеспечивается заданная пористость и проницаемость за счет выбора структуры намотки нитей.

2. Намоточная структура диспергирующего слоя аэратора полностью исключает явления "пробоя" вследствие самовосстановления расположения витков намотки нитей при их раздвижении.

3. Постоянное колебание (вибрация) нитей под воздействием потока воздуха исключает явление кольматации диспергирующего слоя намотки аэратора.

4. Спиралевидная структура намотки диспергирующего слоя способствует разгону пузырьков воздуха по спиральям Архимеда, что способствует перемешиванию стоков и исключению образования застойных зон под фильтросными трубами в аэротенках.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шишкин З.Н., Карелин Я.А., Колобанов С.К., Яковлев С.В. Канализация. – М.: Изд-во по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960.

2. Гордеев В.А., Зайцев В.П., Панин И.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1983, №2.

3. Гордеев В.А., Волков П.В. Ткачество. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

4. Зайцев В.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, №4.

Рекомендована кафедрой ткачества МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 25.04.09.

---