

УДК 631.22.018+631.248

**ДЕФОРМАЦИИ (СПЛЮЩИВАНИЕ) ОСТОВА ПОРИСТОЙ ПЕРЕГОРОДКИ  
ТРУБЧАТЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ**

**DEFORMATION (FLATTENING) OF THE SKELETON  
OF THE POROUS PARTITION OF TUBULAR TEXTILE FILTERS**

*Х.Х. ГУБЕЙДУЛЛИН, И.И. ШИГАПОВ, А.В. ПОРОСЯТНИКОВ, С.С. ЛУКОЯНЧЕВ,  
О.С. КАМАЛДИНОВА, О.С. КРАСНОВА*

*Kh.Kh. GUBEYDULLIN, I.I. SHIGAPOV, A.V. POROSYATNIKOV, S.S. LUKOYANCHEV,  
O.S. KAMALDINOVA, O.S. KRASNOVA*

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

*В практике водоподготовки применяется биохимическая очистка сточных вод от органических примесей путем окисления последних в аэротенках. Аэротенк – это бассейн, через который протекает загрязненная сточная вода. Снизу, по дну бассейна, подводится сжатый воздух, вдуваемый в толщу очищаемой жидкости аэротенка в виде мельчайших пузырьков. В результате этого происходит окисление органических примесей и их поглощение простейшими аэробными микроорганизмами с образованием активного ила.*

*В качестве таких распылителей (аэраторов) мы используем трубчатые текстильные фильтры. По мере накопления активный ил удаляется из аэротенков, но при этом остов (дырчатая труба), на который наматывается пористая перегородка трубчатого текстильного фильтра (ТТФ), подвергается сплющиванию от действия намоточного натяжения. В данной статье нами рассчитано допустимое внешнее давление фильтруемой жидкости (суспензии) на намотку.*

*In water treatment practice applied biochemical treatment of waste water from organic impurities by oxidation of the latter in the aeration tanks. The aeration tank is the pool, which flows through the contaminated waste water. Bottom on the bottom of the pool is supplied with compressed air injected into the interior of the cleaned fluid tank in the form of tiny bubbles. This results in the oxidation of organic impurities and their absorption by the elementary aerobic microorganisms with formation of activesludge.*

*As such nozzles (aerators) we use tubular textile filters. The accumulation of activated sludge is removed from aerotanks, but the skeleton (perforated pipe) on which is wound porous partition tubular textile filter (TTF), is exposed the flattening from the effect of the winding tension. In this paper we calculated the allowable external pressure of the filtered liquid (suspension) on the winding.*

**Ключевые слова:** трубчатые текстильные фильтры, аэротенки, пузырьки, распылители, пористость, намотка, суспензия.

**Keywords:** tubular textile filters, aeration tanks, bubbles, sprays, porosity, winding, suspension.

Остов (дырчатая труба), на который наматывается пористая перегородка трубчатого текстильного фильтра (ТТФ), может подвергаться сплющиванию от действия намоточного натяжения и внешнего давления фильтрующейся жидкости (суспензии). В этом случае сечение остова

(дырчатой трубы) приобретает очертание эллипса (рис. 1-а, штриховые линии). На рис. 1 показана деформация трубчатого текстильного фильтра: а) поперечное сечение; б) развертка пористой перегородки трубчатого текстильного фильтра.

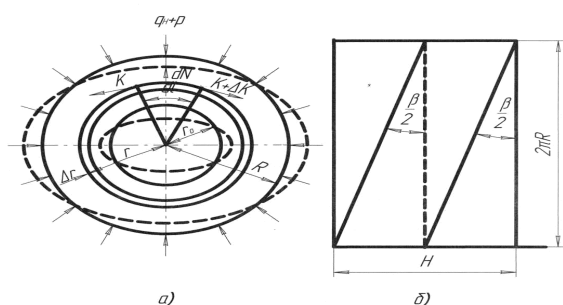


Рис. 1



Рис. 2

На рис. 2 показан характер деформаций пористой перегородки трубчатого текстильного фильтра.

Согласно В.П. Щербакову большое значение на характер распределения удельного давления в намотке играет упруговязкая деформация нити [4]. Считая в первом приближении нить идеальной и упругонерастяжимой, сила нормального давления элемента витка на намотку [5] может быть определена из формулы:

$$dN = K \cos^2 \frac{\beta}{2} df, \quad (1)$$

где  $K$  – натяжение нити при наматывании, Н;  $\frac{\beta}{2}$  – угол подъема витков (рис. 1-б);  $df$  – элементарный угол, соответствующий отрезку нити на поверхности намотки текущего радиуса  $r$ , рад.

Объем намотки элементарного кольца:

$$\Delta V = 2\pi r H \Delta r, \quad (2)$$

где  $r$  – текущий радиус намотки;  $H$  – высота намотки пористой перегородки,  $m^3$ ;  $\Delta r$  – толщина объемного слоя, м.

Масса нити в объемном слое намотки:

$$\Delta G = \gamma \Delta V \cdot 10^6 = 2\pi r H \Delta r \gamma \cdot 10^6, \text{ г}, \quad (3)$$

где  $\gamma$  – удельная плотность намотки,  $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

Длина витка в объемном слое:

$$\ell = \frac{2\pi r}{\cos \frac{\beta}{2}}. \quad (4)$$

Масса одного витка:

$$g = \frac{\ell T}{1000} = \frac{2\pi r T}{10^3 \cos \frac{\beta}{2}}, \text{ г}, \quad (5)$$

где  $T$  – линейная плотность наматываемой нити, текс.

Число витков в объемном слое:

$$W = \frac{\Delta G}{g} = \frac{2\pi r H \Delta r \gamma \cdot 10^6 \cdot 10^3 \cos \frac{\beta}{2}}{2\pi r T},$$

$$W = \frac{\gamma H \Delta r \cdot 10^9}{T} \cos \frac{\beta}{2}. \quad (6)$$

Суммарное натяжение всех витков в объемном слое:

$$K_{\text{сум}} = KW = \frac{\gamma H \Delta r K \cdot 10^9}{T} \cos \frac{\beta}{2}, \text{ Н}. \quad (7)$$

Нормальная суммарная сила давления витков на намотку:

$$\Delta N = W dN = \frac{\gamma H \Delta r \cdot 10^9 K \Delta f}{T} \cos \frac{\beta}{2}. \quad (8)$$

Площадь под витками объемного элементарного слоя:

$$\Delta S = r H df, \text{ м}^2. \quad (9)$$

Величина удельного давления слоя намотки толщиной  $\Delta r$ :

$$\Delta q_H = \frac{\Delta N}{\Delta S} = \frac{\gamma H \Delta r \cdot 10^9 K df \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T r H df}, \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}. \quad (10)$$

Удельное давление внешних слоев намотки на остов (дырчатую трубу):

$$q_H = \int_{r_0}^R \frac{\gamma K \Delta r \cdot 10^9 \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T r} = \frac{\gamma K \cdot 10^9 \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T} \int_{r_0}^R \frac{dr}{r},$$

$$q_H = \frac{\gamma K \cdot 10^9 \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T} \ln \frac{R}{r_0}, \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}. \quad (11)$$

Если удельное давление выразить в сантиньютонх на  $1\text{см}^2$ :

$$q_H = \frac{\gamma K \cdot 10^5 \cos^3 \frac{\beta}{2}}{T} \ln \frac{R}{r_0}. \quad (12)$$

Пусть, например:  $\gamma = 0,26 \text{ г/см}^3$ ;  $K=50 \text{ сН}$ ;  $\beta=24^\circ$ ;  $T= 200 \text{ текс}$ ;  $R=6 \text{ см}$ ;  $r_0 =5,5 \text{ см}$ .

Тогда:

$$q_H = \frac{0,26 \cdot 50 \cdot 10^5 \cos^3 12^\circ}{200} = \ln \frac{6}{55} = 529,3, \frac{\text{сН}}{\text{см}^2}.$$

Общее удельное давление на ствол (остов) пористой перегородки:

$$q = q_H + P, \quad (13)$$

где  $P$  – внешнее давление фильтруемой жидкости (суспензии).

Очевидно, для исключения сплющивания остова [1], [2] (трубы) величина удельного давления  $q$  не должна превышать некоторой критической величины  $q_{кр}$ :

$$q \leq q_{кр}.$$

Величина критического удельного давления определяется по формуле [3]:

$$q_{кр} = \frac{Eh^2 \cdot 100}{4(1-\mu^2)r_0^3} \left( \frac{F - F_{отв}}{F} \right), \frac{\text{сН}}{\text{см}^2}, \quad (14)$$

где  $E$  – модуль упругости материала трубы первого рода,  $\frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$ ;  $h$  – толщина стенок

трубы, см;  $r_0$  – внешний радиус трубы, см;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $F$  – площадь поверхности трубы под намоткой,  $\text{м}^2$ ;  $F_{отв}$  – площадь отверстий, просверленных в трубе.

Если, например:  $E=10^5 \text{ Н/см}^2$ ;  $h= 0,5 \text{ см}$ ;  $\mu = 0,35$ ;  $r_0 = 5,5 \text{ см}$ ;  $F =2 \text{ м}^2$ ;  $F_{отв} =1 \text{ м}^2$ .

Тогда:

$$q_{кр} = \frac{10^5 \cdot 0,5 \cdot 100}{4(1-0,35^2) \cdot 5,5^3} \left( \frac{2-1}{2} \right) = 4280, \frac{\text{сН}}{\text{см}^2}.$$

Если сжимающее усилие в трубе больше предела пропорциональности материала, то критическое удельное давление рассчитывают с учетом предела текучести последнего [3].

Допустимое внешнее давление фильтруемой жидкости (суспензии) на намотку:

$$[P] = q_{кр} - q_H = 4280 - 529,3 = 3750,7, \frac{\text{сН}}{\text{см}^2}.$$

## ВЫВОДЫ

Давление внешних слоев намотки на внутренние слои, а также давление на намотку аэрируемой жидкости могут вызвать деформацию (сплющивание) основания (ствола) ТТФ, поэтому необходимо правильно рассчитывать остов трубчатых текстильных фильтров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Губейдуллин Х.Х., Панин И.Н., Шигапов И.И., Поросятников А.В. Разработка и исследование фильтровальных перегородок плоских и трубчатых текстильных фильтров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С.159...164.
2. Шигапов И.И., Кадырова А.М. // Аграрная наука. – 2012, №6. С. 30...32.
3. Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Панин А.И., Поросятников А.В., Лукоянчев С.С. Технологии и технические средства для очистки сточных вод // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С. 121...126.
4. Гафин М.М., Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И. Утилизация и комплексное использование жидких навозных стоков // Сельский механизатор. – 2014, №2 (60). С. 26...27.
5. Губейдуллин Х.Х., Исайчев В.А., Шигапов И.И. Механическая и биологическая очистка животноводческих ферм с применением спирально-винтовых механизмов // Научный вестник Технологического института (филиала) Ульяновской ГСХА им. П.А. Столыпина. – 2013, № 11. С. 113...116.
6. Shigapov I.I. Study of the air permeability of the porous barriers in tubular textile filters // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 2. С. 107...109.

## REFERENCES

1. Gubejdullin H.H., Panin I.N., Shigapov I.I., Porosjatnikov A.V. Razrabotka i issledovanie fil'troval'nyh peregorodok ploskih i trubchatyh tekstil'nyh fil'trov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №1. S. 159...164.
2. Shigapov I.I., Kadyrova A.M. // Agrarnaja nauka. – 2012, №6. S. 30...32.
3. Gubejdullin H.H., Shigapov I.I., Panin A.I., Porosjatnikov A.V., Lukojanchev S.S. Tehnologii i tehicheskie sredstva dlja ochistki stochnyh vod // Izv.

vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2. S. 121...126.

4. Gafin M.M., Gubejdullin H.H., Shigapov I.I. Utilizacija i kompleksnoe ispol'zovanie zhidkih navoznyh stokov // Sel'skij mehanizator. – 2014, №2 (60). S.26....27.

5. Gubejdullin H.H., Isajchev V.A., Shigapov I.I. Mehanicheskaja i biologicheskaja ochistka zhivotnovodcheskih ferm s primeneniem spiral'no-vintovyh mehanizmov // Nauchnyj vestnik Tehno-

logicheskogo instituta (filiala) Ul'janovskaoj GSHA im. P.A. Stolypina. – 2013, № 11. S. 113...116.

6. Shigapov I.I. Study of the air permeability of the porous barriers in tubular textile filters // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2004, № 2. S. 107...109.

Рекомендована кафедрой технологии производства, переработки и экспертизы продукции АПК. Поступила 30.09.15.

---