

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
МОТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА  
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРИСТЫХ ПЕРЕГОРОДОК ТТФ  
УВЕЛИЧЕННЫХ ГАБАРИТОВ**

**DESIGN AND RESEARCH OF WINDING MECHANISM  
FOR THE FORMATION OF POROUS WALLS OF TTF INCREASED SIZE**

*А.М. БОНДАРЕНКО, Ю.М. ИСАЕВ, В.А. ИСАЙЧЕВ, Х.Х. ГУБЕЙДУЛЛИН,  
И.И. ШИГАПОВ, О.Н. КРАСНОВА*  
*A.M. BONDARENKO, YU.M. ISAEV, V.A. ISAICHEV, H.H. GUBEYDULLIN,  
I.I. SHIGAPOV, O.N. KRASNOVA*

(Азово-Черноморский инженерный институт –  
филиал Донского государственного аграрного университета,  
Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина,  
Технологический институт – филиал Ульяновского государственного  
аграрного университета им. П.А. Столыпина,  
Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал  
Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ")  
(Azov-Chernomorsky Engineering Institute (branch) of Don State Agrarian University,  
Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin,  
Technological Institute (branch) of Ulyanovsk State Agrarian University,  
Dimitrovgrad Engineering and Technological Institute (branch)  
of National Research Nuclear University "MEPhI")  
E-mail: shigapov@mail.ru

*В сооружениях для очистки сточных вод используются аэраторы, пористые перегородки которых имеют большую высоту намотки, достигающую до двух и более метров. Для формирования пористых перегородок увеличенной высоты необходимы мотальные механизмы [1], обеспечивающие значительный размах нитеводителя при наматывании мотальной паковки.*

*In wastewater treatment facilities aerators are used, porous partitions which have a high winding height, reaching up to two meters or more. For the formation of porous walls of increased height required winding mechanisms [1], providing significant proportions of the guides when winding on the winding bobbin.*

**Ключевые слова:** фильтрующая перегородка, пористость, намотка, раскладчик нити, сомкнутая намотка.

**Keywords:** filtering wall, porosity, winding, spreader, threads, closed winding.

На рис. 1 представлена кинематическая схема мотальной головки, обеспечивающей значительный размах нитеводителя при наматывании мотальной паковки, а на рис. 2 – ее внешний вид.

В этом случае вращательное движение от электродвигателя 1 через клиноременную передачу и вариатор 2 с малым передаточным отношением передается веретену 3, на котором установлен остов наматывае-

мой паковки 4, представляющий собой дырчатую трубу. Через зубчатые колеса  $Z_1Z_2$  и  $Z_3Z_4$  вращательное движение передается пазовому кулачку 5, от которого рейка 6 получает возвратно-поступательное движение. От рейки 6 через зубчатое колесо  $Z_5$  и колеса  $Z_6Z_7$  мультипликатора 7 вращение передается звездочкам  $Z_8$  и  $Z_9$  цепного раскладчика нити [5].

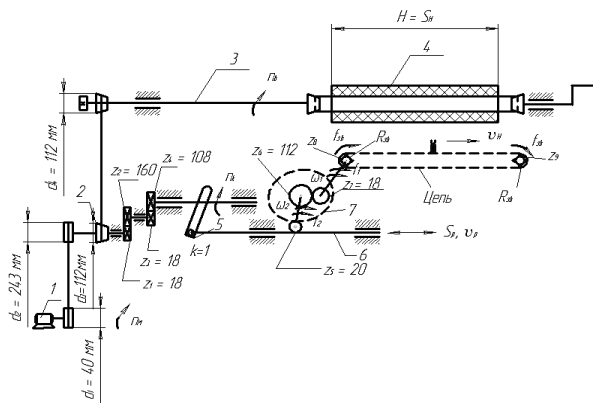


Рис. 1



Рис. 2

Определим необходимые кинематические параметры мотального механизма с цепным раскладчиком нити.

Перемещение нитеводителя:

$$S_H = f_{зв} R_{зв} = f_1 R_{зв}, \quad (1)$$

где  $f_{зв}$  – угол поворота звездочек цепи в радианах;  $R_{зв} = 30,54$  мм – радиусы звездочек  $Z_8$  и  $Z_9$ ;  $S_H$  – должно соответствовать заданной высоте намотки ( $S_H = H$ ).

Угол поворота шестерни  $Z_5$ :

$$f_2 = f_1 \frac{Z_7}{Z_6}. \quad (2)$$

Перемещение рейки:

$$S_p = f_2 R_5 = f_1 \frac{Z_7 R_5}{Z_6}. \quad (3)$$

Следовательно:

$$f_1 = \frac{S_p Z_6}{Z_7 R_5}. \quad (4)$$

Перемещение нитеводителя:

$$S_H = f_1 R_{зв} = \frac{S_p Z_6 R_{зв}}{Z_7 R_5}. \quad (5)$$

Приняв в мультипликаторе 7  $Z_6=112$  и  $Z_7=18$ , а  $S_{p \max} = H_p = 205$  мм, получим:

$$S_H = \frac{205 \cdot 112 \cdot 30,54}{20 \cdot 18} = 1948 \text{ мм}.$$

Скорость перемещения нитеводителя равна скорости перемещения цепи:

$$v_H = v_{ц}. \quad (6)$$

Угловая скорость вращения звездочек цепи:

$$\omega_1 = \omega_2 \frac{Z_6}{Z_7} = \frac{v_p Z_6}{R_5 Z_7}, \quad (7)$$

где  $\omega_2 = \frac{v_p}{R_5}$  – угловая скорость вращения шестерни  $Z_5$ .

Тогда:

$$v_{ц} = \omega_1 R_{зв} = \frac{v_p Z_6 R_{зв}}{Z_7 R_5}, \quad (8)$$

где

$$v_p = \frac{2H_p}{k} n_k; \quad (9)$$

$H_p = 205$  мм – размах движения рейки (в одну сторону);  $k$  – общее число оборотов кулачка, сообщающего движение рейке за цикл движения (один двойной ход) рейки;  $n_k$  – частота вращения кулачка, сообщающего движение рейке.

Тогда скорость перемещения цепи (скорость нитеводителя):

$$v_H = v_{ц} = \frac{2H_p n_k Z_6 R_{зв}}{k Z_7 R_5}, \frac{\text{м}}{\text{мин}}. \quad (10)$$

Окружная скорость намотки:

$$v_o = \pi D n_B, \frac{\text{м}}{\text{мин}}, \quad (11)$$

где  $D$  – диаметр намотки нити на трубу;  $n_B$  – частота вращения веретена (рис. 2).

$$n_B = n_M \frac{d_1 d_3}{d_2 d_4}, \quad (12)$$

где  $d_1, d_2, d_3, d_4$  – диаметры шкивов соответственно на электродвигателе, приводном вале и вариаторе;  $n_M$  – частота вращения вала ротора электродвигателя.

$$n_B = 750 \frac{40}{243} \cdot \frac{112}{112} = 123,5, \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Частота вращения кулачка, сообщающего возвратно-поступательное движение рейке:

$$n_k = n_B \frac{d_4 Z_1 Z_3}{d_3 Z_2 Z_4}, \quad (13)$$

$$n_k = 123,5 \frac{112 \cdot 18 \cdot 18}{112 \cdot 160 \cdot 180} = 2,32, \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Тангенс угла подъема витков:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{v_H}{v_O} = \frac{2 H_p n_k Z_6 R_{3B}}{k Z_7 R_5 \pi D n_B}, \quad (14)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{2 \cdot 205 \cdot 2,32 \cdot 112 \cdot 30,54}{1 \cdot 20 \cdot 18 \pi \cdot 110 \cdot 123,5} = 0,21.$$

Угол скрещивания витков:

$$\frac{\beta}{2} = 12^\circ; \beta = 24^\circ.$$

Угол сдвига между витками различных пар слоев намотки, при котором получается сомкнутая структура, может быть определен по формуле:

$$\psi_{m, m+p} = 2\pi Z + \psi_c, \quad (15)$$

где  $Z=0$ , или  $Z=1$  – кратность замыкания намотки;  $p=1;2;3$  – степень замыкания намотки;  $m=1;2;3$  – номер пары слоев

намотки, при котором витки  $(m+p)$ -й пары слоев пойдут по виткам  $m$ -й пары слоев.

$$\psi_c = \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}}, \quad (16)$$

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

При малых значениях  $\frac{\beta}{2}$  можно принять:

$$\sin \frac{\beta}{2} \approx \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Тогда:

$$\psi_c \approx \frac{2d}{D \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}, \quad (17)$$

но

$$\psi_{m, m+p} = 2\pi p(ki_0 - n_1),$$

где  $i_0 = \frac{n_B}{n_k} = \frac{Z_4 Z_2 d_1}{Z_3 Z_1 d_2} = \frac{Z_4 Z_2}{Z_3 Z_1} i$  – общее передаточное отношение от веретена к кулачку, сообщающему возвратно-поступательное перемещение рейке.

При сомкнутой намотке:

$$2\pi p(ki_{oc} - n_1) = 2\pi Z \pm \psi_c = 2\pi Z \pm \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}},$$

$$2\pi pki_{oc} - 2\pi pn_1 = 2\pi Z \pm \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}},$$

$$2\pi pki_{oc} D \sin \frac{\beta}{2} - 2\pi pn_1 D \sin \frac{\beta}{2} = 2\pi Z D \sin \frac{\beta}{2} \pm 2d,$$

$$i_{oc} = \frac{n_1}{k} + \frac{Z}{pk} \pm \frac{d}{\pi pk D \sin \frac{\beta}{2}},$$

$$i_{oc} = \frac{1}{k} \left\{ \frac{Z}{p} + n_1 \pm \frac{d}{\pi D p \sin \frac{\beta}{2}} \right\}. \quad (18)$$

Здесь  $n_1$  – целая часть числа  $[ki_0]$ .

В нашем случае (рис. 2)  $k=1$ , а

$$i_{oc} = \frac{Z_4 Z_2}{Z_3 Z_1} i = \frac{108 \cdot 160}{18 \cdot 18} \cdot 1 = 53,33;$$

$i \approx 1$  – передаточное число вариатора.

Тогда  $ki_0=53,33$  и  $n_1=53$ .

Положим  $Z=1$ ;  $p=3$ ;  $d=0,5$ ;  $D=110$ мм, а

$$\sin \frac{\beta}{2} = 0,2,$$

$$i_{oc} = \frac{1}{1} \left( \frac{1}{3} + 53 \pm \frac{0,5}{\pi \cdot 110 \cdot 3 \cdot 0,2} \right),$$

$$i_{oc1} = 53,3335745,$$

$$i_{oc2} = 50,9233333.$$

Могут быть сформированы две сомкнутые намотки (опережающая и отстающая).

Наиболее перспективным направлением совершенствования процесса фильтрации является разработка и внедрение в практику трубчатых текстильных фильтров, пористые перегородки которых представляют собой намотки различного вида на перфорированном основании (патроне).

## ВЫВОДЫ

Для формирования пористых перегородок ТТФ большой длины целесообразно применять мотальные механизмы с цепным раскладчиком нити. Используемый в кинематической цепи мотального механизма с цепным раскладчиком нити мультипликатор позволяет увеличить размах нитеводителя и не влияет на угол сдвига между витками различных пар слоев намотки.

## 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. 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.

3. Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Поросятников А.В., Лукоянчев С.С., Камалдинова О.С. Гидравлические свойства пористых перегородок трубчатых текстильных фильтров // Изв. вузов. Технология

текстильной промышленности. – 2015, № 5. С.215...219.

4. Шигапов И.И. Уборка и переработка навоза на базе спирально-винтовых механизмов // Сельский механизатор. – 2017, № 5. С. 22...23.

5. Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Поросятников А.В., Лукоянчев С.С., Камалдинова О.С. Исследование воздухопроницаемости пористых перегородок трубчатых текстильных фильтров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 5. С. 244...247.

6. Шигапов И.И. Ресурсосберегающие технологии уборки жидкого навоза // Сельский механизатор. – 2017, № 4. С. 26...27.

7. Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Поросятников А.В., Лукоянчев С.С., Камалдинова О.С., Краснова О.Н. Деформации (сплющивание) остова пористой перегородки трубчатых текстильных фильтров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6. С. 180...184.

## REFERENCES

1. Gubejdullin H.H., Panin I.N., Shigapov I.I., Porosyatnikov A.V. Razrabotka i issledovanie fil'troval'nyh peregorodok ploskih i trubchatyh tekstil'nyh fil'trov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 1. S.159...164.

2. Gubejdullin H.H., Shigapov I.I., Panin A.I., Porosyatnikov A.V., Lukoyanchev S.S. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya ochistki stochnyh vod // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 2. S. 121...126.

3. Gubejdullin H.H., Shigapov I.I., Porosyatnikov A.V., Lukoyanchev S.S., Kamaldinova O.S. Gidravlicheskie svoystva poristyh peregorodok trubchatyh tekstil'nyh fil'trov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 5. S.215...219.

4. Shigapov I.I. Uborka i pererabotka navoza na baze spiral'no-vintovyh mekhanizmov // Sel'skij mekhanizator. – 2017, № 5. S. 22...23.

5. Gubejdullin H.H., Shigapov I.I., Porosyatnikov A.V., Lukoyanchev S.S., Kamaldinova O.S. Issledovanie vozduhopronicaemosti poristyh peregorodok trubchatyh tekstil'nyh fil'trov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 5. S. 244...247.

6. Shigapov I.I. Resursosberegayushchie tekhnologii uborki zhidkogo navoza // Sel'skij mekhanizator. – 2017, № 4. S. 26...27.

7. Gubejdullin H.H., Shigapov I.I., Porosyatnikov A.V., Lukoyanchev S.S., Kamaldinova O.S., Krasnova O.N. Deformacii (splyushchivanie) ostova poristoj peregorodki trubchatyh tekstil'nyh fil'trov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, № 6. S. 180...184.

Рекомендована кафедрой технологии производства, переработки и экспертизы продукции АПК УлГАУ им. П.А. Столыпина. Поступила 01.02.17.