

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОТОКОВОГО ВИБРОУДАРНОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ ВЛАЖНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Иван Севостьянов, Ярослав Иванчук**

*Винницкий национальный технический университет*

*г. Винница, Хмельницкое шоссе 95*

**Ivan Sevostyanov, Yaroslav Ivanchuk**

*Vinnitsa national technical university*

**Аннотация.** В статье представлены основные результаты теоретических исследований процессов потокового виброударного фильтрования влажных дисперсных сред в пищевой промышленности. В частности, приводится схема установки с гидроимпульсным приводом для реализации исследуемых процессов, рассматриваются закономерности их протекания и эффективности, уравнения для расчета основных рабочих параметров процессов, расчетные зависимости данных параметров и их анализ.

**Ключевые слова:** потоковое виброударное фильтрование, влажный дисперсный материал, гидроимпульсный привод.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из серьезных экологических проблем пищевой промышленности ряда стран Европы и СНГ является утилизация влажных дисперсных отходов, к которым относятся спиртовая барда, пивная дробина, свекольный жом, кофейный и ячменный шлам и другие подобные среды [1]. В большинстве случаев данные отходы выливаются на грунт, что приводит к загрязнению окружающей среды, кроме того, требует дополнительных затрат на их транспортировку. Однако при разделении отходов на жидкую фазу (фильтрат) и твердую фазу (концентрат) последний может использоваться в качестве ценной добавки к сельскохозяйственным кормам или как топливо. Фильтрат же после достаточно качественной очистки можно возвращать в природу без негативных последствий для нее или повторно использовать на производстве.

Таким образом, при реализации описанных процессов разделения и очистки комплексно решаются проблемы утилизации отходов, уменьшения негативного воздейст-

вия на окружающую среду и получения ценного сельскохозяйственного корма или топлива [1].

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известно достаточно много различных способов очистки влажных дисперсных материалов [2, 3, 4, 5], в том числе и сравнительно новых [6]. Одним из наиболее эффективных и широко используемых на Западе способов очистки фильтрата влажных дисперсных пищевых сред является их тангенциальное потоковое фильтрование через трубчатые керамические мембраны [7]. Однако при его реализации поры в стенках мембраны постепенно засоряются твердыми частицами среды, что негативно сказывается на производительности  $Q_f$  рабочего процесса. Кроме того, для обеспечения достаточно высоких значений  $Q_f$  хотя бы на начальном этапе процесса фильтрования необходимо создавать в среде, проходящей по каналам мембраны одновременно высокое давление (до 10,5 МПа) и значительную скорость потока (до 2 м/с) [7]. В условиях потокового производства, при значительных объемах отходов на предприятии это приводит к большим затратам энергии.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В связи с вышеизложенным, нами предлагается более эффективный способ потокового виброударного фильтрования на оборудовании с гидроимпульсным приводом (ГИП) [8, 9]. Однако для обеспечения высоких показателей эффективности процессов потокового виброударного фильтрования необходимо выполнить их теоретические исследования, в частности, установить зависимости основных рабочих параметров процесса от конструктивных параметров испо-

льзуемого оборудования с ГИП и физико-механических характеристик фильтруемой среды.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

На рис. 1 представлена принципиальная гидрокинематическая схема установки с ГИП для реализации предлагаемого способа [10]. Поток фильтрата непрерывно подается центробежным насосом 4 с бака 12, через обратный клапан 5, кран 6, полость 9, по каналам фильтровальной мембраны 3, кран 1, по гидролинии 13 и обратно в бак 12. С помощью кранов 1, 6 в среде фильтрата, проходящего по каналам мембраны 3, создаются необходимые минимальные сопротивление и давление  $p_{с.н}$  [9]. Жидкая фаза вытесняется через поры в стенках мембраны, отфильтро-

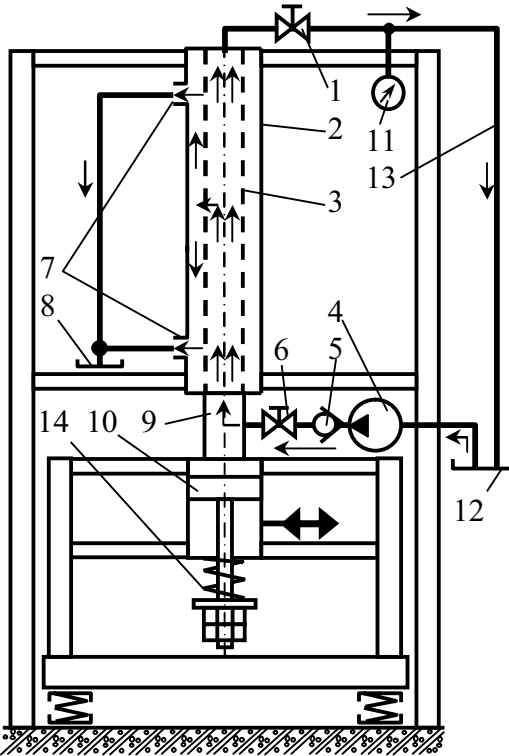


Рис. 1. Установка с ГИП для потокового виброударного фильтрования: 1, 6 – краны; 2 – корпус; 3 – фильтровальная мембрана; 4 – насос; 5 – обратный клапан; 7 – отводы; 8, 12 – баки; 9 – распределительная полость; 10 – гидроцилиндр ГИП; 11 – манометр; 13 – гидролиния; 14 – пружина

Fig. 1. Installation with a hydraulic pulse drive (GID) for flow vibro-impact filtering: 1, 6 – cranes; 2 – corpse; 3 – filtering membrane; 4 – pump; 5 – return valve; 7 – taps; 8, 12 – tanks; 9 – distributive cavity; 10 – hydrocylinder GID; 11 – manometer; 13 – hydroline; 14 – spring

вывается, стекает в корпус 2, а далее по отводам 7 – в бак 8. Твердые частицы задерживаются стенками мембраны. Поршень гидроцилиндра 10 ГИП, при периодическом изменении давления рабочей жидкости в его штоковой полости от  $p_{z2} = 2$  МПа до  $p_{z1} = 10$  МПа, осуществляет вертикальные возвратно-поступательные перемещения с частотой  $\nu$  до 150 Гц и амплитудой  $z_{1a}$  до 2,5 мм (величину  $p_{z1}$ ,  $p_{z2}$ ,  $\nu$  и  $z_{1a}$  можно бесступенчато и в широких пределах регулировать [8]). Так как поршневая полость гидроцилиндра 10 связана через полость 9 с каналами мембраны 3, при перемещениях поршня, в среде фильтрата будут генерироваться волны повышенных напряжений и деформаций. Последнее приводит к периодическому увеличению давления  $p_c$  и скорости  $v_c$  в потоке фильтрата, уменьшению толщины слоя осадка с твердых частиц на внутренних поверхностях мембраны и засорения ее пор. Для обоснования высокой эффективности предлагаемого способа на базе вибропресса с ГИП ИМЗГК-5 [8] был создан стенд-прототип [11] рассматриваемой установки (см. рис. 1). В соответствии с результатами проведенных на стенде экспериментов [11] по сравнению производительности потокового виброударного и потокового безударного фильтрования ( $Q_{ф.в-у}$  и  $Q_{ф}$ ) спиртовой барды с начальной влажностью  $U_n = 96\%$ , установлено, что  $Q_{ф.в-у}$  на 22% выше [11]. К тому же,  $Q_{ф.в-у}$  остается стабильной во времени, тогда как  $Q_{ф}$  падает через каждые полчаса работы стенда на 1%.

В процессе реализации предлагаемого способа давление  $p_c$  будет достигать максимальных значений на этапах увеличения давления в штоковой полости гидроцилиндра 10 от  $p_{z2}$  до  $p_{z1}$  и перемещения его поршня вверх. На данном этапе длительностью  $t_{н.д}$  величину  $p_c$  можно определить с помощью уравнения:

$$p_c(t) = p_{с.з}(t) + p_{с.н} - \Delta p_{mp}(t) - \Delta p_{ex.n9}(t) - \Delta p_{p.n9}(t) - \Delta p_{ex.m}(t);$$

$$0 \leq t \leq t_{н.д}, \quad (1)$$

где:  $p_{с.з}(t)$  – текущее давление в среде фильтрата, создаваемое гидроцилиндром 10;  $\Delta p_{mp}(t)$  – потери давления в среде на трение по длине мембраны 3 [12];  $\Delta p_{ex.n9}(t)$ ,  $\Delta p_{p.n9}(t)$ ,  $\Delta p_{ex.m}(t)$ , – местные потери давления на входе

в полость 9, при прохождении разветвления в полости 9 и на входе в каналы мембраны 3.

Значения  $p_{c.z}(t)$  рассчитываем по формуле:

$$p_{c.z}(t) = \frac{F_z(t)}{S_n}; 0 < t \leq t_{н.д}, \quad (2)$$

где:  $S_n$  – площадь поперечного сечения поршня 10;  $F_z(t)$  – усилие, создаваемое на поршне, которое можно определить как:

$$F_z(t) = p_z(t) \cdot S_{ш} - p_{c.н} S_n + m_{\Sigma} (\ddot{z}_I - g) - \alpha_I \dot{z}_I - \alpha_{mz} \dot{z}_m - \alpha_{pz} \dot{z}_p - c_y (z_{0y} + z_I) - c_{mz} z_m - c_{pz} z_p - \sigma_{0z}; 0 < t \leq t_{н.д}, \quad (3)$$

где:  $p_z(t)$  – текущее давление в штоковой полости гидроцилиндра 10;  $S_{ш}$  – эффективная площадь его поршня со стороны штоковой полости;  $z_I, z_m, z_p$  – перемещения поршня 10, частиц твердой фазы, а также жидкой фазы фильтрата в каналах мембраны относительно вертикальной оси  $z$ ;  $\alpha_I, \alpha_{mz}, \alpha_{pz}$  – коэффициенты вязкого демпфирования при перемещении поршня 10, частиц твердой фазы и жидкой фазы фильтрата относительно оси  $z$ ;  $c_y$  – коэффициент жесткости пружины 14 возврата поршня 10 на этапах падения давления в штоковой полости гидроцилиндра;  $c_{mz}, c_{pz}$  – коэффициенты жесткости частиц твердой фазы и жидкой фазы фильтрата относительно оси  $z$ ;  $z_{0y}$  – предварительное сжатие пружины 14;  $\sigma_{0z}$  – сжимающее напряжение текучести твердых частиц относительно оси  $z$ ;  $m_{\Sigma}$  – подвижная масса установки, опреде-

ляемая как сумма массы  $m_n$  поршня со штоком и приведенной к сечению  $S_{ш}$  массы  $m_{c.нр}$  среды в фильтровальной подсистеме установки (включает поршневую полость гидроцилиндра 10, полость 9, каналы мембраны 3 и гидролинию 13). Таким образом:

$$m_{\Sigma} = m_n + m_{c.нр}.$$

(4)

Давление  $p_z(t)$  и перемещение  $z_I$  можно определить по эмпирическим формулам, полученным с помощью осциллограмм данных параметров (рис. 2), снятых на экспериментальном стенде-прототипе, в процессе фильтрования на нем спиртовой барды [9, 11, 14]. Во время экспериментов со стендом для измерения  $p_z$  и  $z_I$  использовались тензометрические датчики давления и перемещения (соответственно, моделей ADZ-SML-10.0 и TURCK Ni8-M18-LiU), АЦП модели Е14-140, персональный компьютер и стандартное программное обеспечение для АЦП – пакет LGraph2. Принимаем допущение, что зависимости  $z_I(t)$  и  $p_z(t)$  на рассматриваемом этапе могут быть с достаточно высокой точностью линеаризованы (линеаризованные участки графиков  $z_I(t), p_z(t)$  показаны на рис. 2 пунктирными линиями). Все это позволит существенно сократить и упростить расчеты, без заметного снижения их точности.

Полученные с помощью осциллограмм формулы имеют вид:

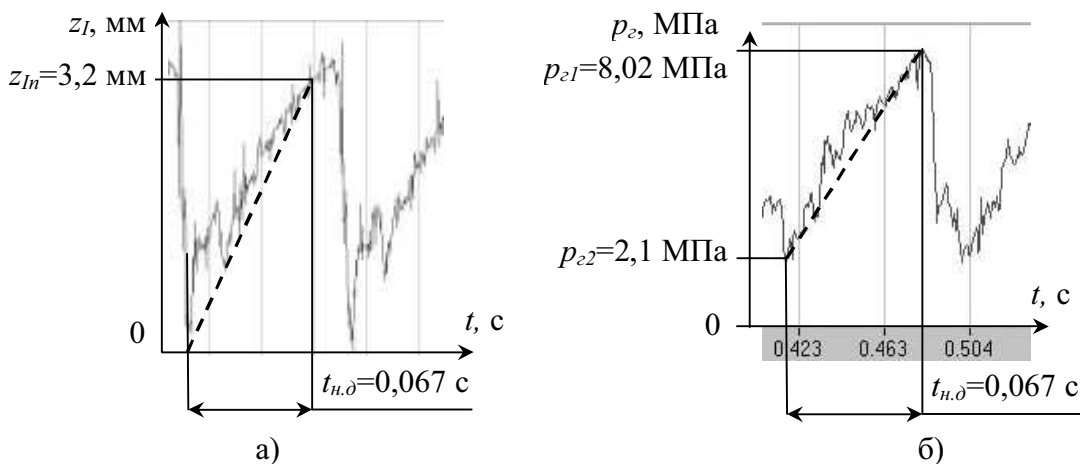


Рис. 2. Фрагменты осциллограмм: а – перемещения  $z_I$  поршня гидроцилиндра ГИП экспериментального стенда для потокового виброударного фильтрования; б – давления  $p_z$  рабочей жидкости в гидроцилиндре ГИП

Fig. 2. Fragments of oscillograms: а – movement  $z_I$  of the piston of hydrocylinder GID of the experimental stand for flow vibro-blowing filtering; б – pressure  $p_z$  of working liquid in hydrocylinder

$$z_I = 0 + \frac{z_{ln}}{t_I} t = \frac{3,2 \cdot 10^{-3}}{0,067} t = 4,88 \cdot 10^{-2} t, \quad 0 < t \leq t_{н.д}; \quad (5)$$

$$p_z = p_{z2} + \frac{p_{z1} - p_{z2}}{t_I} t = 2,1 \cdot 10^6 + \frac{8,02 \cdot 10^{-6} - 2,1 \cdot 10^6}{0,067} t = 2,1 \cdot 10^6 + 88,36 \cdot 10^6 t.$$

Массу  $m_{c.np}$  определяем как [13]:

$$m_{c.np} = \frac{1}{3} S_{ш}^2 \rho_{c.t} \left( \frac{l_n}{S_n} + \frac{l_{n9}}{f_{n9}} + \frac{l_m}{f_m} + \frac{l_{13}}{f_{13}} \right), \quad (6)$$

где:  $l_n, S_n, l_{n9}, f_{n9}, l_m, f_m, l_{13}, f_{13}$  – длины и площади поперечных сечений поршневой полости гидроцилиндра 10 (см. рис. 1), полости 9, каналов мембраны 3 и гидролинии 13;  $\rho_{c.t}$  – плотность фильтрата с учетом среднего повышения в процессе фильтрования его температуры –  $\Delta t_c$  [12]:

$$\rho_{c.t} = \frac{\rho_c}{1 + 8 \cdot 10^{-4} \Delta t_c}, \quad (7)$$

где:  $\rho_c$  – плотность фильтрата при температуре  $t = 20$  °С.

Уравнение движения жидкой фазы по каналам мембраны имеет вид

$$m_p (\ddot{z}_p - g) - \alpha_{pz} \dot{z}_p - c_{pz} z_p + p_c(t) \cdot f_m = 0; \quad 0 < t \leq t_{н.д}, \quad (8)$$

где:  $m_p$  – масса жидкой фазы фильтрата в промежутке между двумя ближайшими твердыми частицами в его среде. С учетом периодического равномерного перераспределения по фильтровальной подсистеме твердых частиц среды в процессе ее потокового виброударного фильтрования, величина  $m_p$  может быть принята приблизительно стабильной по всему объему подсистемы [15]. Текущее значение  $m_p$  можно рассчитать, исходя из начальной влажности  $U_n$  и массы  $m_c$  среды в фильтровальной подсистеме, плотности ее твердой  $\rho_m$  и жидкой  $\rho_c$  фаз, среднего диаметра  $d_m$  и массы  $m_m$  твердой частицы ( $d_m$  и  $m_m$  определяют методом ситового анализа, а также с допущением того, что все частицы имеют сферическую форму) [16, 17].

Потери давления в уравнении (1) определяем по формулам [12]:

$$\Delta p_{mp}(t) = \lambda_m \rho_{c.t} \frac{l_m}{d_m n_k} \frac{\dot{z}_p^2}{2},$$

$$\Delta p_{ex.n9}(t) = \zeta_{ex.n9} \rho_{c.t} \frac{\dot{z}_p^2}{2},$$

$$\Delta p_{p.n9}(t) = \zeta_{p.n9} \rho_{c.t} \frac{\dot{z}_p^2}{2}, \quad (9)$$

$$\Delta p_{ex.m}(t) = \zeta_{ex.m} \rho_{c.t} \frac{\dot{z}_p^2}{2}; 0 < t \leq t_{н.д},$$

где:  $\lambda_m$  – коэффициент гидравлического трения в каналах мембраны 3 [12],  $l_m, d_m, n_k$  – длина, гидравлический диаметр и число ее каналов;  $\zeta_{ex.n9}, \zeta_{p.n9}, \zeta_{ex.m}$  – коэффициенты местных сопротивлений на входе в полость 9, на разветвлении в полости 9 и на входе в мембрану [18].

Уравнение движение твердой частицы записывается таким образом:

$$m_m \frac{\rho_p}{\rho_m} (\ddot{z}_m - g) - \alpha_{mz} \dot{z}_m - \quad 0 < t \leq t_{н.д}. \quad (10)$$

$$- c_{mz} z_m - \sigma_{0z} + p_c(t) \cdot f_m = 0.$$

Подставляем в формулы (1 – 10) численные значения экспериментально определенных физико-механических характеристик среды (спиртовой барды с  $U_n = 96\%$ ), а также значения конструктивных и рабочих параметров стенда-прототипа [11] рассматриваемой установки (см. рис. 1), после преобразований получаем:

$$p_c = 4,61 \cdot 10^8 \cdot t + 2,87 \cdot 10^5 \cdot \ddot{z}_I - 2,09 \cdot 10^5 \cdot \dot{z}_I - 4,99 \cdot \dot{z}_m - 5,16 \cdot 10^8 z_m - 103,96 \cdot \dot{z}_p^2 - 135,14 \cdot \dot{z}_p - 1,84 \cdot 10^6, \quad (11)$$

$$z_I = 4,88 \cdot 10^{-2} t, \quad 1,2 \cdot 10^{-6} \ddot{z}_p - 0,13 \cdot \dot{z}_p + 1,87 \cdot 10^{-4} p_c - 1,17 \cdot 10^{-5} = 0, \quad 2,9 \cdot 10^{-6} \ddot{z}_m - 4,8 \cdot 10^{-3} \dot{z}_m - 4,97 \cdot 10^5 z_m + 1,87 \cdot 10^{-4} p_c - 74 = 0. \quad 0 < t \leq 0,067c.$$

С использованием уравнений (11) в среде Matlab Simulink R2007a составляем программу, блок схема которой представлена на рис. 3. На рис. 4 приведены рассчитанные с помощью программы графики  $z_I(t), p_c(t)$ . Резкое увеличение  $p_c$  до величины  $p_{c.max}$  в начале рабочего цикла ГИП

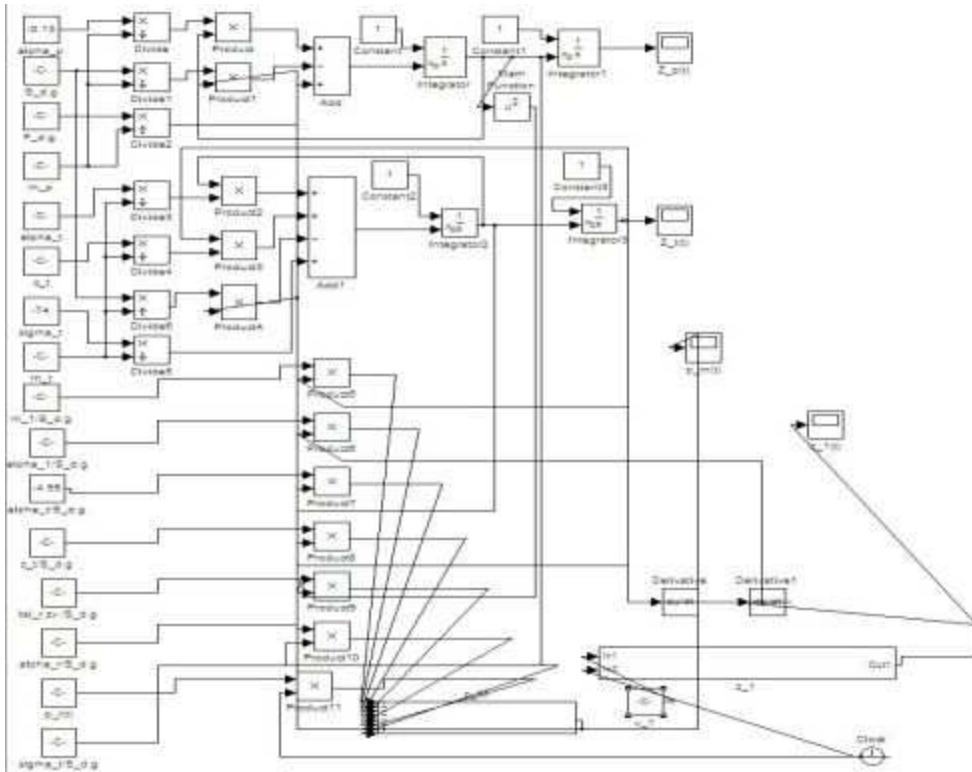


Рис. 3. Блок схема Matlab-программы расчета рабочих параметров процессов потокового виброударного фильтрации на установке с ГИП на I-м этапе цикла его срабатывания  
 Fig. 3. The block-scheme of the Matlab-program of calculation of working parameters of processes of flow vibro-blowing filtering on installation with GID on I-st stage of its operation

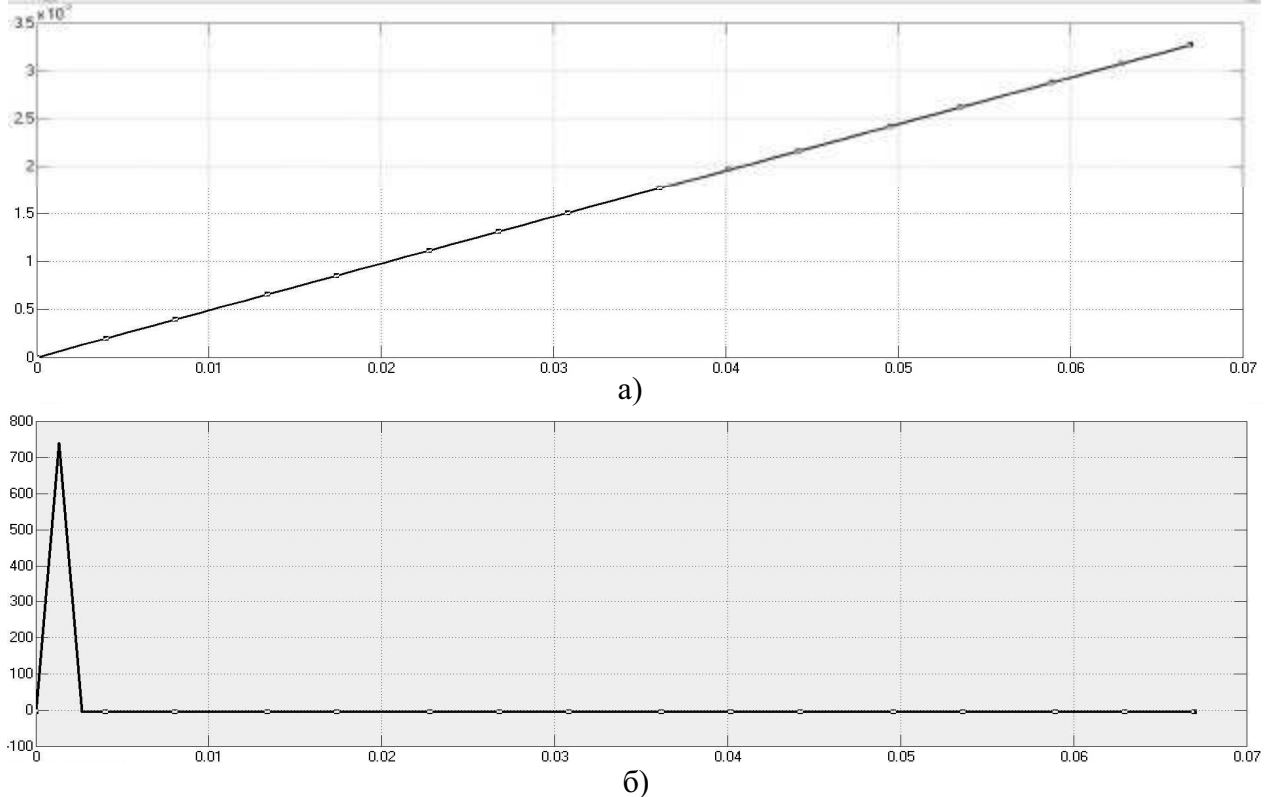


Рис. 4. Расчетные графики изменения во времени: а – перемещения  $z_I$  [м] поршня гидроцилиндра ГИП установки для потокового виброударного фильтрации; б – давления  $p_c$  [кПа] в фильтруемой среде  
 в фильтруемой среде

Fig. 4. Calculated graphs of change in time: а - movement  $z_I$  [m] of the piston of hydrocylinder GIP of installation for flow vibro-blowing filtering; б - pressure  $p_c$  [kPa] in the filtered environment

обусловлено достаточно быстрым перемещением поршня 10 вверх (см. рис. 1) с ускорением  $(8...10) \cdot g$  [19] и возникновением в следствии этого, в среде проходящей по каналам мембраны 3, ударной волны повышенного давления  $\Delta p_{c.max}$  [9, 12].

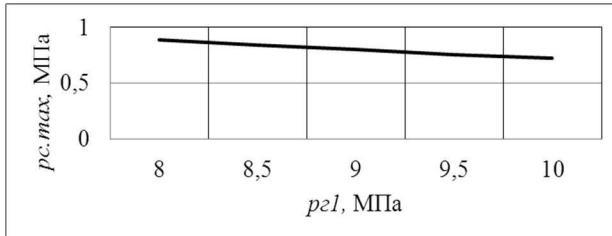


Рис. 5. Расчетная зависимость максимального давления  $p_{c.max}$  в среде фильтрата спиртовой барды в процессе ее потокового виброударного фильтрования на установке с ГИП от максимального давления  $p_{z1}$  в полости гидроцилиндра ГИП

Fig. 5. Calculated dependence of the maximum pressure  $p_{c.max}$  in the environment of a filtrate spirit bards in the course of it flow vibroblowing filtering on installation with GID from the maximum pressure  $p_{z1}$  in cavity of hydrocylinder GID

Кроме того, на рис. 5 представлена расчетная зависимость  $p_{c.max}$  от  $p_{z1}$ . Падение  $p_{c.max}$  при увеличении  $p_{z1}$  можно объяснить тем, что с  $p_z$  прямо пропорциональной зависимостью связана длительность  $t_{н.д}$  перемещения поршня 10 вверх (см. также рис. 2, б). В тоже время величина ударного приращения давления  $p_c$  в начале движения поршня может быть определена по формуле [9, 12]:

$$\Delta p_{c.max} = \frac{2 \cdot \rho_{c.l} v_{Icp} l_m}{t_{н.д}}, \quad (12)$$

где:  $v_{Icp}$  – средняя скорость перемещения поршня 10 в верхнее положение. Таким образом, в соответствии с формулой (12), при увеличении  $p_{z1}$  и  $t_{н.д}$  значения  $\Delta p_{c.max}$  и  $p_{c.max}$  – уменьшаются.

Представленная на рис. 5 зависимость сопоставлялась с соответствующей экспериментальной зависимостью, полученной с помощью стенда-прототипа [11] на адекватных режимах, в процессе фильтрования аналогичной среды. При этом максимальная относительная величина расхождений расчетной и экспериментальной зависимостей не превышала 4,2%, что доказывает коррект-

ность предложенных в данной статье уравнений и формул.

## ВЫВОДЫ

1. Одним из наиболее эффективных способов очистки влажных дисперсных материалов является способ потокового виброударного фильтрования на оборудовании с ГИП. В частности, по сравнению с потоковым безударным фильтрованием предлагаемый способ обеспечивает на 22% более высокую и стабильную производительность рабочего процесса.

2. Высокая эффективность предлагаемого способа обусловлена созданием в фильтруемой среде при его реализации волн напряжений и деформаций, обуславливающих периодическое повышение давления  $p_c$  в среде (в 3 – 4 раза) и увеличение скорости  $v_c$  ее перемещения. Последнее приводит к периодическому высокочастотному разрушению структурных образований с твердых частиц среды на внутренних поверхностях фильтровальной мембраны, уменьшения толщина слоя осадка на них, засорения пор мембраны, увеличению и стабилизации во времени производительности рабочего процесса.

3. Для обеспечения высокой производительности потокового виброударного фильтрования предложены экспериментально проверенные уравнения и зависимости, связывающие рабочие параметры исследуемых процессов с конструктивными параметрами оборудования с ГИП для их реализации и с физико-механическими характеристиками фильтруемой среды.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Co-fermentation of sugar by-products with typical agricultural substrates/ [V. Kryvoruchko, T. Amon, B. Amon, V. Dubrovin, M. Melnychuk, E. Krasowski]// MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14-3. 32 – 39.
2. Turovsky I. S. 1985. Obrabotka osadkov stochnyh vod – M.: Stroyizdat, – 256.
3. Vetoshkin A. G. 2004. Tehnologiya zashity okruzhayushey sredy (teoreticheskie osnovy). Uchebnoe posobie – Penza: Izdatelstvo Penzenskogo tehnologicheskogo instituta, – 249.
4. Efendiev O. F., Chizhikov. V. I. 1977. Elektroochistka zhidkostey v pishевой pro-

myshlennosti. – M.: Pischevaya promyshlennost, – 150.

5. Atkinson B. 1979. Biohimicheskie reak-tory. – M.: Pischevaya promyshlennost, 280.

6. Kulalaeva N., Mihaylyuk V., Petrov I. 2012. Issledovanie osobennostey primeneniya nano-tehnologii dlya ochistki neftesoderzhashih stochnyh vod // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14-2. 74 – 83.

7. Valentas K. J., Rotshtain E., Singh R. P. 2004. Pischevaya injeneriya: spravochnik s primerami raschetov. – SPb.: Professiya, – 848.

8. Iskovich-Lototsky R. D., R. R. Obertyuh, I. V. Sevostyanov. 2006. Processy ta mashiny vibratsiynyh i vibroudarnykh tehnologiy. Mono-grafiya/ Iskovich-Lototsky R. D., – Vinnyca: Universum, – 291.

9. Sevostyanov I. V. Iskovich-Lototsky R. D., Obertyuh R. R. 2008. Teoretychni osnovy processiv filtruvannya vologih dispersnykh materialiv pid vplyvom udarnykh hvyl naprug ta de-formatsiy // Promyslova gidravlika ta pnevmatika, – No 2. 40 – 43.

10. Pat. 60694 U, Ukraina, MPK B21J 9/06: Vibratsiyna gidroimpulsna ustanovka/ Sevostya-nov I. V., Iskovich-Lototsky R. D., Lyubin S. V. (Ukraina). - №u201014687; Zayavleno 07.12.2010; Opublikovano 25.06.2011. Byule-ten No 12, 2011 r.

11. Sevostyanov I. V., Iskovich-Lototsky R. D., Lyubin S. V. 2010. Eksperimentalni doslid-jennya processiv potokovogo vibroudarnogo filtruvannya vologih dispersnykh materialiv // Promyslova gidravlika ta pnevmatika, – No 4. 89–92.

12. Bashta T. M. Nekrasov B. B. 1982. Gi-dravlika, gidromashyny i gidroprivody. – M.: Mashinostroeniye, – 423.

13. Iskovich-Lototsky R. D. 2006. Osnovy teorii rozrahunku ta rozrobka prozessiv i oblad-nannya dlya vibroudarnogo presuvannya. Mo-nografiya. – Vinnyca: Universum, – 338.

14. Krutov V. I. 1989. Osnovy nauchnyh is-sledovaniy: Uchebnoe posobie dlya techn. vu-zov. – M.: Vysshaya shkola, 400.

15. Sevostyanov I. V., Iskovich-Lototsky R. D. 2008. Vyznachennya robochih parametriv processiv vibroudarnogo separuvannya vologih dispersnykh materialiv // Naukovi Notatki. Mezhvuzivskiy zbirnyk (za napryamom “Inzhe-nerna mehanika”), – Vol. 23, 282 – 292.

16. Fedotkin I. M. 1974. Fiziko-tehnicheskie osnovy vlagometrii v pishевой promyshlennos-ty – K.: Technika, 320.

17. Goncharevich I. F. 1977. Vibratsionnaya tehnika v pishевой promyshlennosti – M. Pi-shevaya promyshlennost, 279.

18. Chugayev R. R. 1982. Gidravlika: Uchebnyk dlya vuzov. – L.: Energoizdat. Leni-ngradskoye otdelenie, 672.

19. Iskovich-Lototsky R. D., Matveev I. B., Krat V. A. 1982. Mashiny vibratsionnogo I vi-broudarnogo deystviya/ Iskovich-Lototsky R. D., – K.: Tehnika. 208.

#### **THEORETICAL RESEARCHES OF PROCESSES OF FLOW VIBRO- BLOWING FILTERING OF THE DAMP DISPERSE ENVIRONMENTS IN THE FOOD-PROCESSING INDUSTRY**

**Summary.** Main results of theoretical re-searches of processes flow vibro-blowing filter-ing of damp disperse environments in the food-processing industry, are presented in this article. In particular, the scheme of installation with a hydraulic pulse drive for realization of ex-aminated processes, regularities of their course and efficiency, the equation for calculation of the main working parameters of processes, de-signed dependences of the given parameters and their analysis, are presented.

**Key words:** vibro-blowing filtering, damp disperse material, hydraulic pulse drive.