

Доповідь по комплексній МКР «РОЗРОБКА
ТА ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ
БАГАТОСТАДІЙНОГО ЗНЕВОДНЕННЯ
ВОЛОГИХ ДИСПЕРСНИХ ВІДХОДІВ
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ»

Ч. II. Розробка та дослідження установки для
багатостадійного зневоднення вологих
дисперсних відходів харчових виробництв

Виконав: ст. гр. 1ГМ-16м Бойко В.І.

Керівник МКР: д.т.н., професор
Севостьянов І.В.

Мета та задачі дослідження

Метою МКР є обґрунтування та розробка схеми установки для багатостадійного зневоднення відходів харчових виробництв з підвищенням від стадії до стадії інтенсивності навантаження відходів та послідовного видалення вільної, капілярно-зв'язаної та адсорбційно-зв'язаної рідкої фази.

Для досягнення вказаної мети потрібно розв'язати такі **основні задачі**:

- провести багатоваріантний аналіз можливих схем установок та комплексів для багатостадійного зневоднення відходів харчових виробництв та вибрати найбільш раціональну схему за продуктивністю та енергоємністю робочого процесу, які вона може забезпечити, кінцевою вологістю відходів, надійністю обладнання тощо;
- виконати технічно-економічне обґрунтування доцільності розробки обраного варіанту установки;
- провести теоретичні дослідження установки з отриманням залежностей для визначення її оптимальних робочих параметрів за яких забезпечуються мінімальні енергоємність процесу зневоднення та кінцева вологість відходів при максимальній продуктивності видалення з них рідини;
- виконати розрахунок техніко-економічного ефекту від впровадження обраного варіанту установки;
- визначити шкідливі фактори при роботі основного комплексу установки, розробити рекомендації щодо його безпечної експлуатації.

Об'єкт і предмет дослідження, наукова новизна та практичне значення комплексної МКР

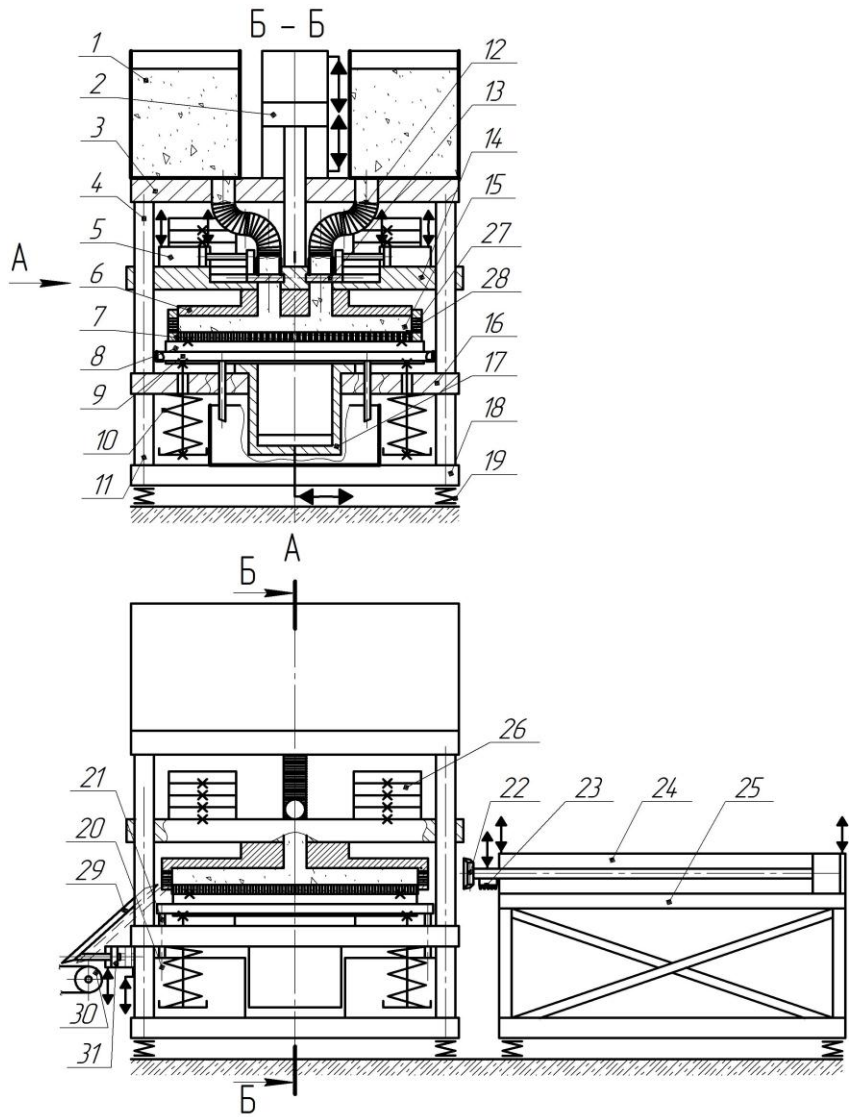
Об'єкт дослідження – процеси віброударного зневоднення вологих дисперсних відходів харчових виробництв.

Предмет дослідження – установка для багатостадійного зневоднення вологих дисперсних відходів харчових виробництв та залежності для визначення її оптимальних робочих параметрів.

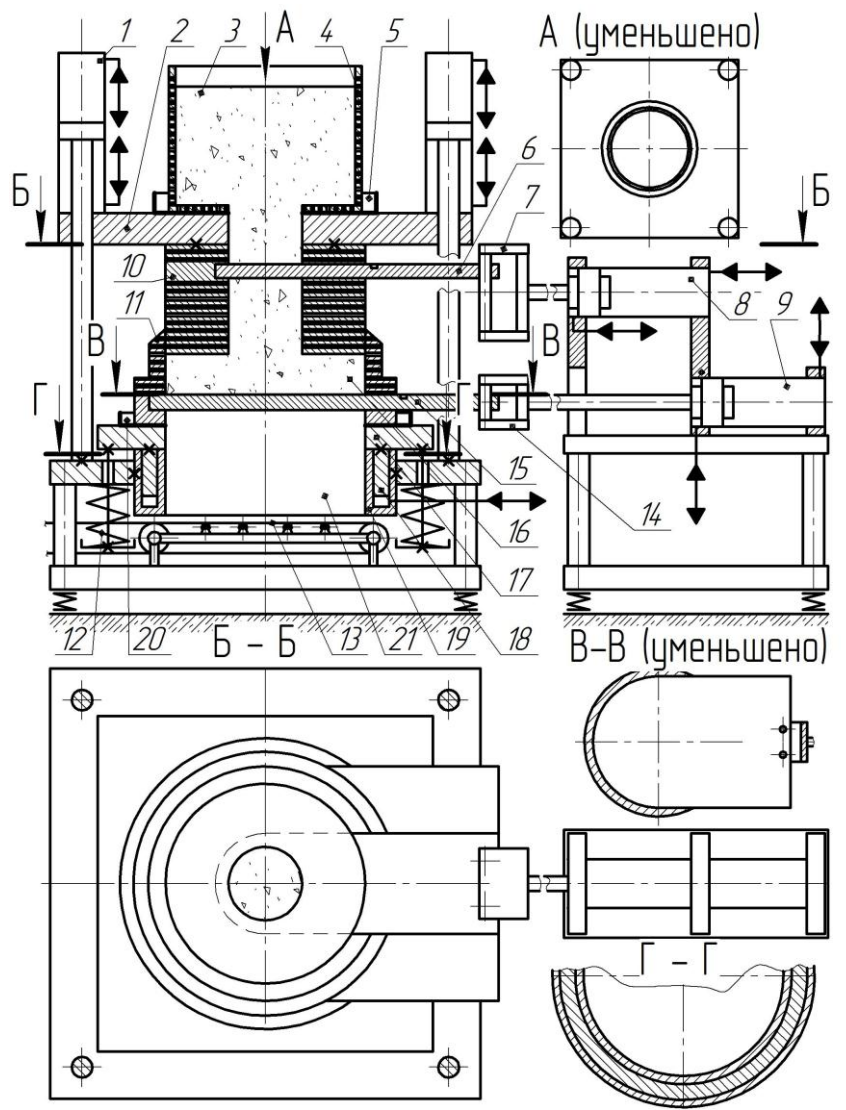
Наукова новизна МКР полягає у розробленні математичних моделей установки для багатостадійного зневоднення вологих дисперсних відходів харчових виробництв.

Практичне значення МКР полягає у розробленні схеми установки для багатостадійного зневоднення вологих дисперсних відходів харчових виробництв, виконанні розрахунку техніко-економічного ефекту від впровадження установки на виробництві, визначенні шкідливих факторів при роботі основного комплексу установки, розробленні рекомендацій щодо його безпечної експлуатації.

Багатоваріантний аналіз можливих схем установки для багатостадійного зневоднення відходів харчових виробництв

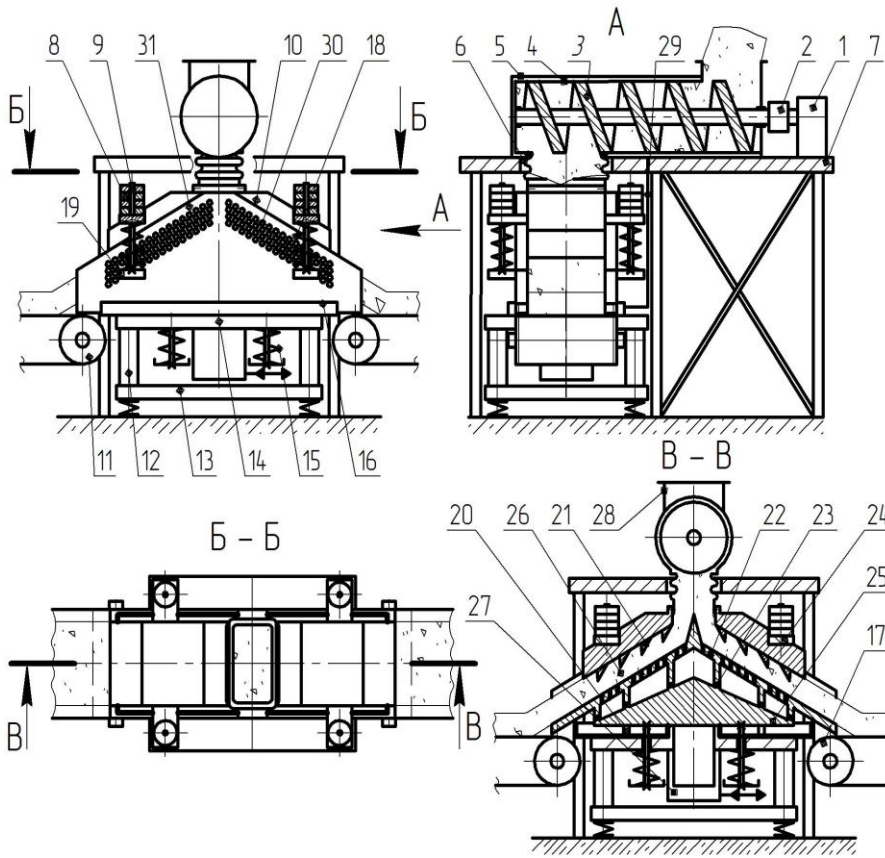


Установка с ГІП для тристадійного віброударного зневоднення

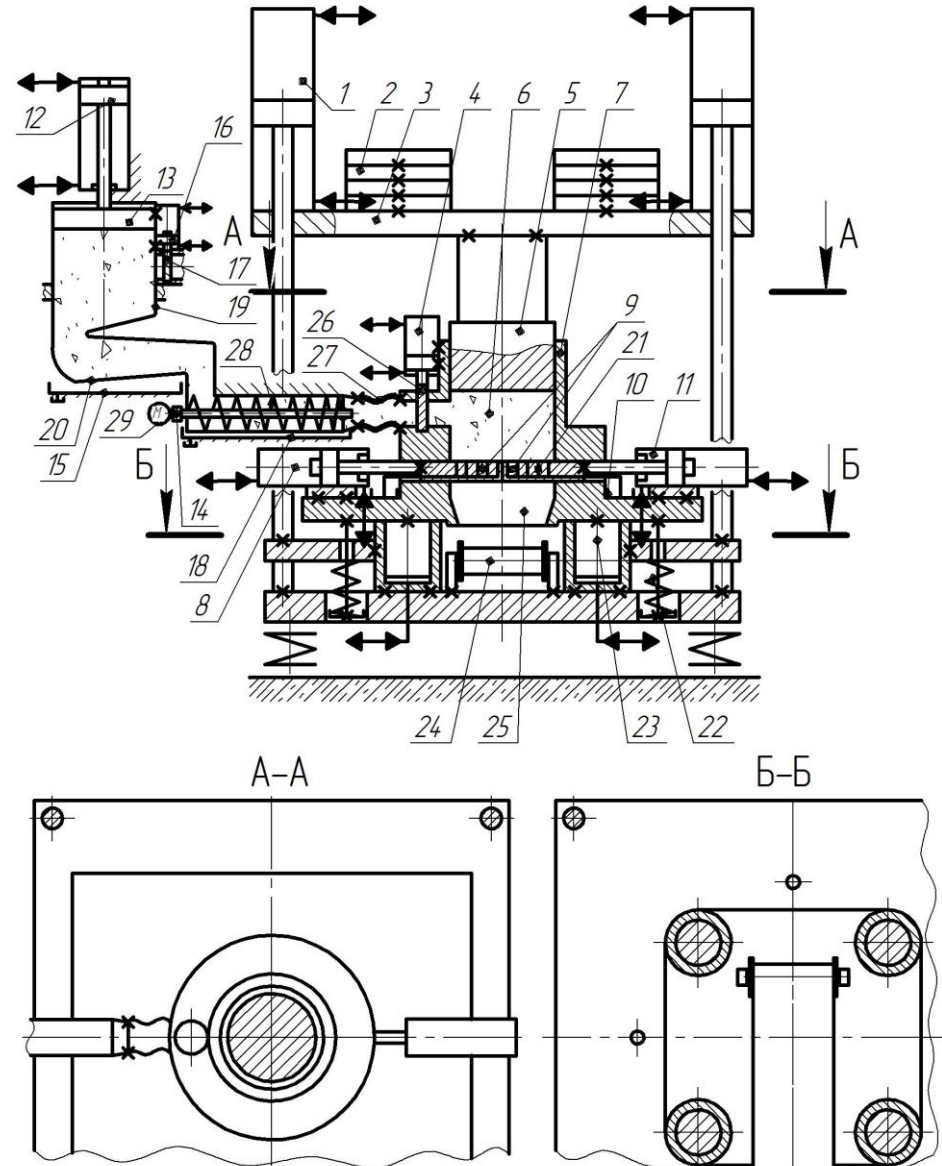


Установка для тристадійного віброударного зневоднення

Багатоваріантний аналіз можливих схем установки для багатостадійного зневоднення відходів харчових виробництв

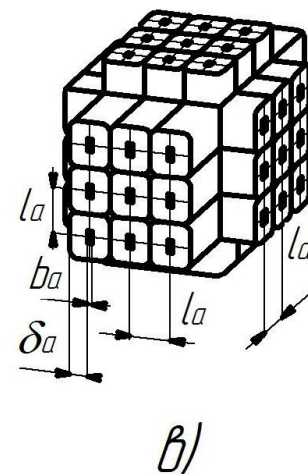
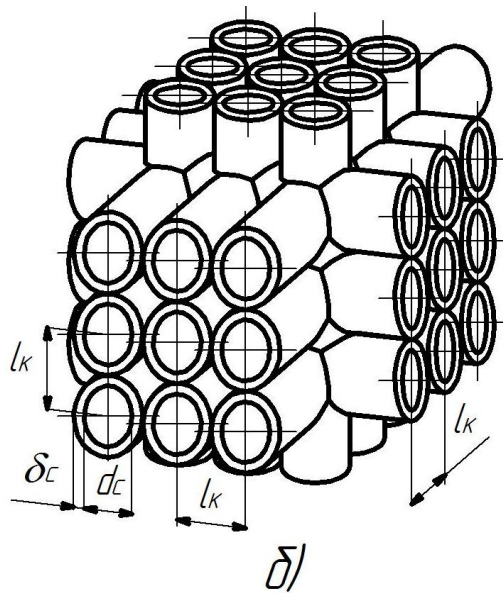
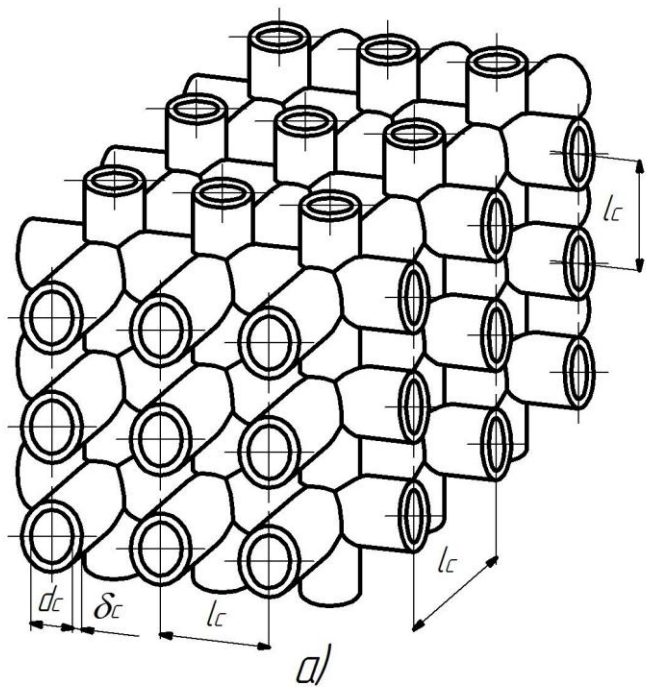


Технологічний комплекс для зневоднення відходів харчових виробництв



Пропонована установка для багатостадійного зневоднення

Схеми структури твердої фази відходів на етапах видалення з них вільної (а), капілярно-зв'язаної (б) та адсорбційно-зв'язаної (в) рідини



Визначення робочих параметрів зневоднення вологих дисперсних відходів харчових виробництв у закритій прес-формі

$$p_{c.min} = \frac{F_{Mz\Sigma min}}{S_M} + \Delta p_{M\Sigma B} + \Delta p_{M\Sigma Z} + \Delta p_{cm}, \quad \Delta p_{M\Sigma B} = \zeta_M \rho_{\text{жс}} \frac{\dot{z}_{\text{жс}}^2}{2} \frac{H_M}{2 \cdot l_c}; \quad \Delta p_{M\Sigma Z} = \zeta_M \rho_{\text{жс}} \frac{\dot{y}_{\text{жс}}^2}{2} \frac{l}{l_c} \sqrt{\frac{S_M}{\pi}};$$

$$\Delta p_{cm} = \zeta_{cm} \rho_{\text{жс}} \frac{\dot{y}_{\text{жс}}^2}{2}, \quad p_{\kappa.min} = \frac{4 \cdot \sigma_{\text{жс}}}{d_c}, \quad p_{c.min} \leq p_c \leq p_{\kappa.min}.$$

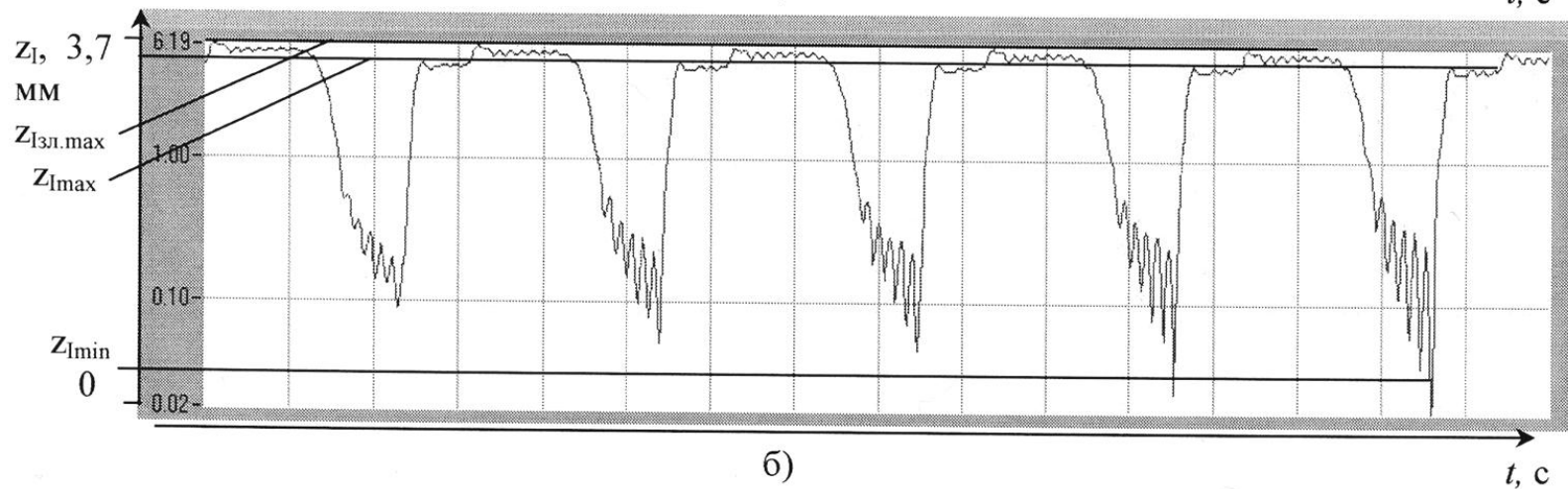
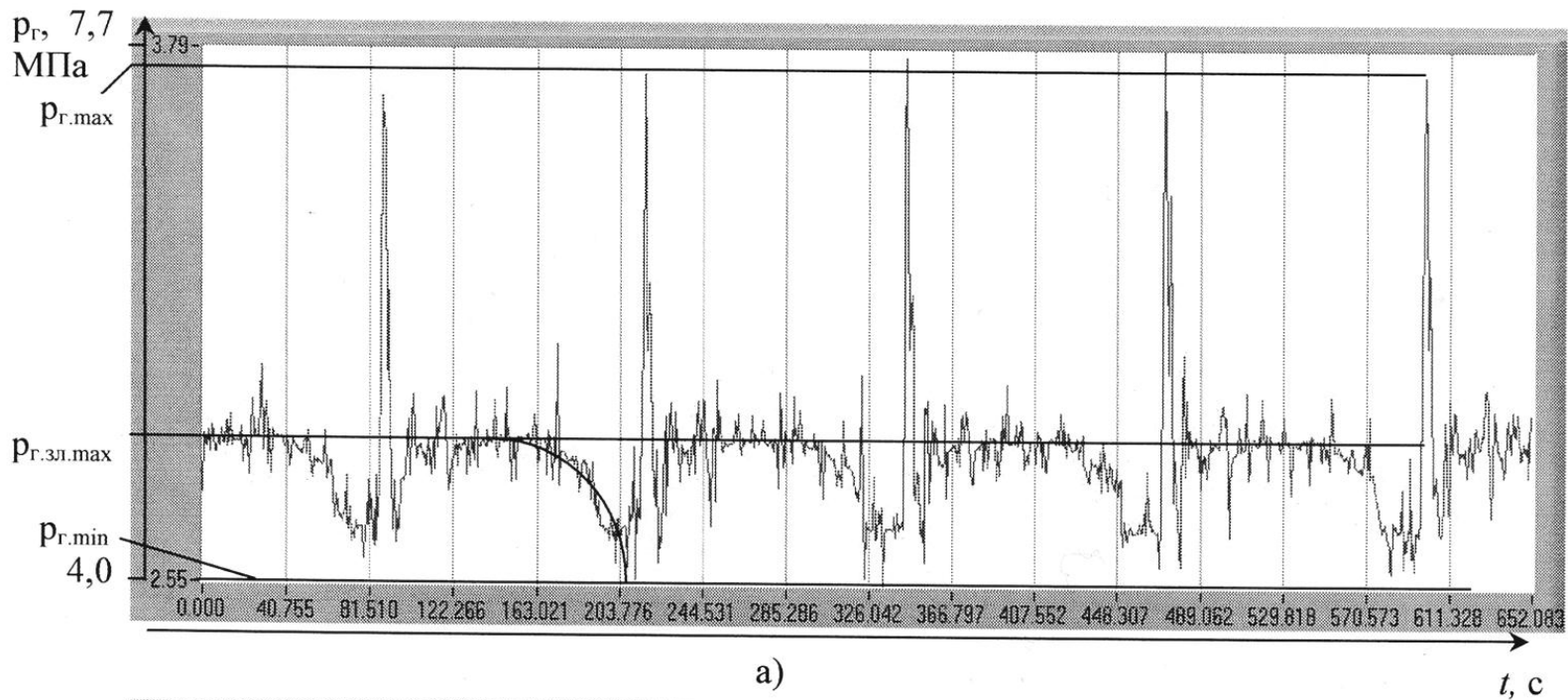
$$\Sigma W_{oI} \geq \left[(l_c - d_c)^2 d_c + (l_c - d_c) d_c^2 \right] \frac{S_M H_M}{l_c^3}, \quad \Sigma W_{oI,II,III} = \sum_{i=1}^{k_1} W_{o,i} + \sum_{i=k_1+1}^{k_2} W_{o,i} + \dots + \sum_{i=k_{n-1}}^{k_n} W_{o,i},$$

$$t_{eI,II,III} = \sum_{i=1}^n T_{\psi,i} k_i. \quad p_{\kappa.min} \leq p_{\kappa} \leq p_{\kappa.max} = 4 \cdot \sigma_{\text{жс}} / d_a. \quad F_{Mz\Sigma} = p_{\kappa} S_M.$$

$$\Sigma W_{oII} \geq \left[\frac{5}{6} l_{\kappa}^3 + \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} (d_c + 6 \cdot \delta_c) \right] \frac{H_M S_M - \Sigma W_{oI}}{l_{\kappa}^3}. \quad A = R \cdot T \cdot \ln 4,$$

$$\Sigma W_{oIII} \geq \frac{\rho_M H_M S_M (U_H - U_{\kappa 3})}{\rho_{\text{жс}} 100} - (\Sigma W_{oI} + \Sigma W_{oII}),$$

Осцилограми зміни: а – тиску p_r робочої рідини у гідроциліндрі ГП; б – переміщення z , вібростолу експериментального стенда при віброударному зневодненні на ньому порції концентрату кавового шламу



Переміщення виконавчих елементів вібропресової установки визначаються за рівняннями:

На I-му етапі

$$m_I(\ddot{z}_I + g) = p_{r.\max} S_r - \dot{z}_I(\alpha_I + \alpha_B) - c_d(z_{0d} + z_I) - c_{II}(z_{0II} + z_I) - c_B z_I - R_I;$$

$$m_{II}(\ddot{z}_{II} + g) = c_{II}(z_{0II} + z_I - z_{II}) + c_B(z_I - z_{II}) - \dot{z}_{II}\alpha_B; \quad 0 \leq t \leq t_I,$$

На II-му етапі

$$z_I(t) = z_I(t_I); \quad z_{II}(t) = z_{II}(t_I); \quad t_I < t \leq t_{II},$$

На III-му етапі

$$m_I(\ddot{z}_I + g) = p_2(t) \cdot S_2 + \dot{z}_I(\alpha_I + \alpha_B) - c_d(z_{0d} + z_{I\max} - z_I) - c_n(z_{0n} + z_{I\max} - z_{I\max} - z_I) - c_B(z_{I\max} - z_I) + R_I;$$

$$m_{II}(\ddot{z}_{II} + g) = c_{II}(z_{0II} + z_{I\max} - z_I + z_{II}) + c_B(z_{I\max} - z_{I\max} - z_I + z_{II}) - \dot{z}_{II}\alpha_B, \quad t_{II} < t \leq t_{III};$$

$$t_{III} = \frac{1}{3} T_u = \frac{1}{3 \cdot v}, \quad t_{II} = T_u - t_I - t_{III} = \frac{1}{v} - t_o - \frac{1}{3 \cdot v} \cdot p_r(t) = \sqrt{1 - \frac{(t - 0,063)^2}{0,063^2}} + 4; \quad t_{II} < t \leq t_{III},$$

Тиски у нижньому, середньому та верхньому шарах відходів на I-му та II-му етапах віброударного навантаження

На I-му етапі

$$p_{B.HI}(t) = \frac{p_{r.max} S_r - m_I(\ddot{z}_I + g) - \dot{z}_I(\alpha_I + \alpha_B) - c_D(z_{0D} + z_I) - c_{II}(z_{0II} + z_I) - c_B z_I - R_I}{S_D};$$

$$p_{B.BI}(t) = \frac{c_{II}(z_{0II} + z_I - z_{II}) + c_B(z_I - z_{II}) - \dot{z}_{II}\alpha_B - m_{II}(\ddot{z}_{II} + g)}{S_{II}}; \quad p_{B.cI}(t) = \frac{m_{II}g - c_{II}z_{0II}}{S_{II}};$$

$$h_{HI}(t) = z_I(t) \cdot \cos \gamma; \quad h_{BI}(t) = (z_I(t) - z_{II}(t)) \cdot \cos \gamma;$$

$$h_{cI}(t) = H_B - h_{HI}(t) - h_{BI}(t); \quad 0 \leq t \leq t_I,$$

На II-му етапі

$$p_{BII}(t) = \frac{m_{II}g + c_{II}(z_{0II} + z_{IImax} - z_{IIImax}) - c_B(z_{IImax} - z_{IIImax})}{S_{II}};$$

$$t_{II} < t \leq t_{III}.$$

Тиски у нижньому, середньому та верхньому шарах відходів на III-му етапі віброударного навантаження

$$p_{B.HIII}(t) = \left[\begin{array}{l} p_r(t) \cdot S_r + \dot{z}_I(\alpha_I + \alpha_B) - m_I(\ddot{z}_I + g) - c_d(z_{0d} + z_{Imax} - z_I) - \\ - c_{\Pi}(z_{0\Pi} + z_{Imax} - z_{IImax} - z_I) - c_B(z_{Imax} - z_I) + R_I \end{array} \right] / S_d;$$

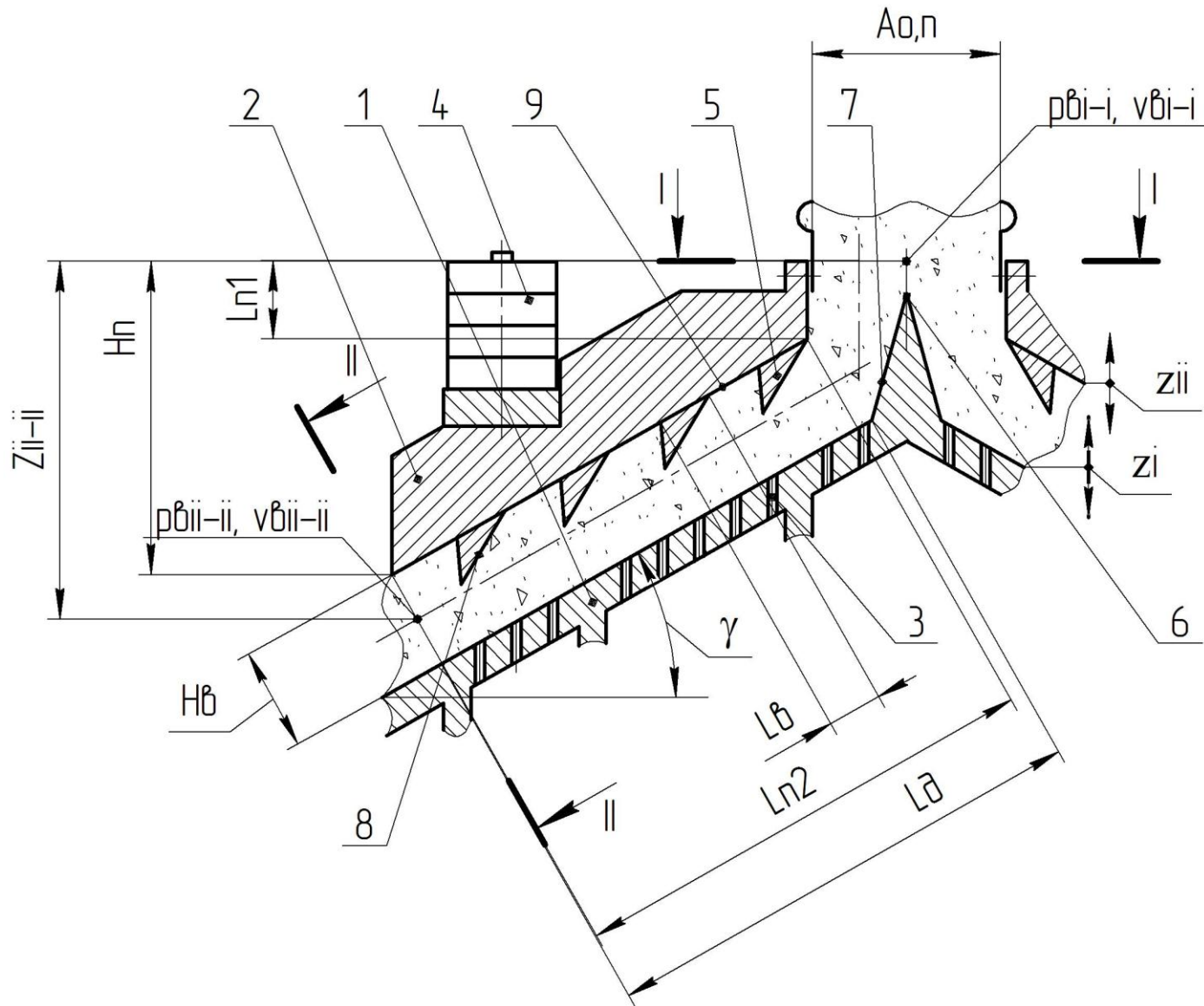
$$p_{B.cIII}(t) = p_{BII}(t) - \frac{\Delta V_{BIII} K_B}{V_{BII}} = p_{BII}(t) - \frac{[z_I(t) \cdot B_{\Pi} L_d \cos \gamma + (z_I(t) - z_{II}(t)) \cdot B_{\Pi} L_{\Pi 2} \cos \gamma] K_B}{H_B - h_{HI max} - h_{BI max}} =$$

$$= p_{BII}(t) - \frac{[z_I(t) \cdot L_d + (z_I(t) - z_{II}(t)) \cdot L_{\Pi 2}] B_{\Pi} K_B \cos \gamma}{H_B - [z_{I max} \cdot L_d + (z_{I max} - z_{II max}) \cdot L_{\Pi 2}] B_{\Pi} \cos \gamma} = p_{BII}(t) - \frac{[z_I(t) \cdot L_d + (z_I(t) - z_{II}(t)) \cdot L_{\Pi 2}] K_B}{H_B - [z_{I max} \cdot L_d + (z_{I max} - z_{II max}) \cdot L_{\Pi 2}]};$$

$$p_{B.BIII}(t) = \frac{c_{\Pi}(z_{0\Pi} + z_{Imax} - z_I + z_{II}) + c_B(z_{Imax} - z_{IImax} - z_I + z_{II}) - \dot{z}_{II} \alpha_B - m_{II}(\ddot{z}_{II} + g)}{S_{\Pi}},$$

$$t_{II} < t \leq t_{III};$$

Схема навантаження та руху відходів у прес-формі установки для віброударного зневоднення



Рівняння Бернуллі для вхідного I – I та вихідного II – II перерізів прес-форми

$$Z_{\text{II-II}} + \frac{p_{\text{BI-I}}(t)}{\rho_{\text{B}}(t) \cdot g} + \frac{v_{\text{BI-I}}^2}{2 \cdot g} = \frac{p_{\text{BII-II}}}{\rho_{\text{B}}(t) \cdot g} + \frac{v_{\text{BII-II}}(t)^2}{2 \cdot g} + h_{\Sigma}(t); \quad Z_{\text{II-II}} = H_{\text{II}} + \frac{H_{\text{B}}}{2} \cos \gamma, \quad 0 \leq t \leq t_{\text{III}},$$

$$\rho_{\text{B}}(t) = \frac{\rho_{\text{B}}}{1 - \beta_{\text{p}} p_{\text{B}}(t)}; \quad v_{\text{BI-I}} = \frac{Q}{A_{\text{O,II}} B_{\text{II}}} = \frac{m_{\text{B,Д}}}{\rho_{\text{B}} t_{\text{p}} A_{\text{O,II}} B_{\text{II}}}; \quad v_{\text{BII-II}}(t) = \frac{m_{\text{B,Д}}}{2 \cdot \rho_{\text{B}} t_{\text{p}} B_{\text{II}} [H_{\text{B}} - (z_{\text{I}} + z_{\text{II}}) \cos \gamma]};$$

$$h_{\Sigma}(t) = \frac{v_{\text{BI-I}}^2}{2 \cdot g} \lambda_{\text{B1}} \frac{L_{\text{II1}}}{D_{\text{B,Г1}}} + \frac{v_{\text{BII-II}}(t)^2}{2 \cdot g} \left[\lambda_{\text{B2}}(t) \frac{L_{\text{II2}} - 4 \cdot L_{\text{B}}}{D_{\text{B,Г2}}(t)} + (\zeta_{\text{BX}} + \zeta_{\text{p}} + \zeta_{\text{II}} + 4 \cdot \zeta_{\text{3B}} + 4 \cdot \zeta_{\text{pO3}} + \zeta_{\text{B}}) \right];$$

$$\lambda_{\text{B1}} = 0,11 \left(\frac{68}{\text{Re}_{\text{B1}}} + \frac{\Delta_{\text{II}}}{D_{\text{B,Г1}}} \right); \quad \lambda_{\text{B2}}(t) = 0,11 \left(\frac{68}{\text{Re}_{\text{B2}}(t)} + \frac{\Delta_{\text{II}}}{D_{\text{B,Г2}}(t)} \right);$$

$$D_{\text{B,Г1}} = \frac{4 \cdot A_{\text{O,II}} B_{\text{B}}}{2 \cdot A_{\text{O,II}} + 2 \cdot B_{\text{B}}}; \quad D_{\text{B,Г2}}(t) = \frac{4 \cdot B_{\text{B}} [H_{\text{B}} - (z_{\text{I}} + z_{\text{II}}) \cos \gamma]}{2 B_{\text{B}} + 2 \cdot [H_{\text{B}} - (z_{\text{I}} + z_{\text{II}}) \cos \gamma]};$$

$$\text{Re}_{\text{B1}} = \frac{v_{\text{BI-I}} \cdot D_{\text{B,Г1}}}{v_{\text{B}}}; \quad \text{Re}_{\text{B2}}(t) = \frac{v_{\text{BII-II}}(t) \cdot D_{\text{B,Г2}}(t)}{v_{\text{B}}};$$

Висновки за МКР

1. Спосіб віброударного зневоднення є одним з найбільш ефективних способів утилізації відходів харчових виробництв, який забезпечує високу продуктивність робочого процесу (500 – 600 т за зневодненими відходами за добу), порівняно низьку енергоємність (2,5 – 3,0 кВт·год/т), необхідну для утилізації кінцеву вологість відходів (20 – 25%) та реалізується на компактному й надійному гідроімпульсному обладнанні.
2. Для впровадження способу віброударного зневоднення на виробництві був проведений багатоваріантний аналіз можливих схем промислової установки для його здійснення і з врахуванням таких критеріїв як забезпечувані продуктивність та енергоємність робочого процесу, кінцева вологість оброблюваних відходів, матеріалоємність, габарити, складність, технологічність у виготовленні, надійність та безпечність в експлуатації, а також зручність в експлуатації, обслуговуванні та ремонті був обраний найбільш оптимальний варіант.
3. Для підвищення енергетичної ефективності процесів та обладнання для зневоднювання, пропонується здійснювати їх поетапно з підведенням мінімально необхідної енергії для послідовного видалення з відходів вільної, капілярно-зв'язаної й адсорбційно-зв'язаної рідини.
4. У роботі наводяться формули для розрахунку оптимального підвищення тиску в середовищі відходів з метою їхнього зазначеного поетапного зневоднювання, а також для визначення тривалості кожного етапу й обсягу, вилученої в ході його реалізації рідкої фази.

Висновки за МКР (продовження)

5. Запропоновані математичні моделі установки для багатостадійного зневоднення відходів харчових виробництв - рівняння, що зв'язують її конструктивні параметри, параметри навантаження відходів, їх фізико-механічні характеристики та параметри ефективності процесів зневоднення.

6. На підставі цих залежностей може бути розроблена методика проектного розрахунку установки для багатостадійного зневоднення вологих дисперсних відходів харчових виробництв, що дозволить визначати її оптимальні конструктивні параметри при заданих фізико-механічних параметрах відходів, продуктивності та енергоємності зневоднення, а також потрібної кінцевої вологості відходів.

7. Розрахований економічний ефект від впровадження запропонованої установки на виробництві, який склав грн. Висока ефективність запропонованого варіанту установки обґрунтована у порівнянні із технологічним комплексом для чотиристадійного зневоднення в складі вібраційного сита, шнекового преса, вібропреса типу ІВПМ та вальцьової установки з гідроімпульсним приводом, у порівнянні із яким установки забезпечує майже на порядок більшу продуктивність (571,5 т/добу проти 60 т/добу), істотно нижчу енергоємність робочого процесу (2,71 кВт·год/т проти 90 кВт·год/т), при нижчій вартості обладнання (800 000 грн проти 1800 000 грн), меншій кількості стадій зневоднення (3 замість 4) та адекватній забезпечуваній кінцевій вологості відходів.