

МАШИНА ДЛЯ ЗНЕВОДНЕННЯ ВІДХОДІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Севостьянов І.В., Ольшевський А.І.

Вінницький національний технічний університет

У статті приводиться схема високоефективного технологічного комплексу для віброударного зневоднення відходів харчових виробництв (спиртової барди, пивної дробини, бурякового жому, кавового шламу). Комплекс забезпечує високу продуктивність робочого процесу при його порівняно низькій енергоємності та значному ступеню зневоднення відходів. Наводяться залежності для визначення робочих параметрів віброударного зневоднення.

Ключові слова: віброударне зневоднення, відходи харчових виробництв.

Постановка проблеми. В наш час актуальною проблемою вітчизняної харчової промисловості є проблема ефективної утилізації відходів (спиртової барди, пивної дробини, бурякового жому тощо), які в основному виливаються на ґрунт, що призводить до забруднення довкілля. Але у випадку зневоднення цих відходів, вони можуть використовуватись як цінна добавка до сільськогосподарських кормів або в якості добрив. Отже розробка і впровадження раціональних способів зневоднення відходів харчових виробництв та обладнання для їх реалізації дозволять розв'язати описану вище проблему з мінімальними негативними наслідками для навколишнього середовища та одержанням харчовими підприємствами додаткового прибутку від реалізації корму або добрив.

Основними задачами, що розв'язуються під час розробки способів та обладнання для зневоднення, є: забезпечення високої продуктивності та низької енергоємності робочого процесу, компактності,

надійності та дешевини використовуваного обладнання, а також мінімальної кінцевої вологості оброблених відходів. Розв'язання вказаних задач дозволить ефективно вирішити проблему утилізації відходів харчових виробництв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний момент відомо багато способів зневоднення вологих дисперсних матеріалів на обладнанні різних типів, серед яких одним з найбільш ефективних є спосіб віброударного зневоднення на машинах з гідроімпульсним приводом (ГІП) [1]. За результатами проведених нами експериментальних досліджень та розрахунків [1], вказаний спосіб забезпечує достатньо високу продуктивність робочого процесу за зневодненим матеріалом (1-10 т/год – для кавового шламу, бурякового жому та спиртової барди), малу енергоємність зневоднення – 90 кВт·год/т виділеної рідини (для порівняння при вакуумному випарюванні аналогічних відходів енергоємність сягає 740-760 кВт·год/т, а при використанні розпилювальних, барабанних, вальцових сушарок – до 2500 кВт·год/т), низьку кінцеву вологість відходів (20-24% проти 30-76% – при зневодненні на шнекових пресах і декантерних центрифугах). Крім цього, за конструктивною складністю, габаритами та надійністю машини для віброударного зневоднення є адекватними іншому відомому обладнанню для механічного зневоднення. Пропоновані машини практично не містять деталей з дорогих легованих сталей, мідних та латунних сплавів, які є основними в конструкції обладнання для термічного, хімічного та біологічного зневоднення, що обумовлює високу вартість останнього [1].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми та мета статті. Але для забезпечення вказаних вище високих параметрів ефективності машин для віброударного зневоднення потрібно розробити їх раціональні схеми, а також залежності для визначення робочих параметрів досліджуваних процесів, що й є метою статті.

Виклад основного матеріалу. На рис. 1 представлена схема технологічного комплексу в складі шнекового преса та вібропресової машини з ГІП для зневоднення. Відходи подаються через патрубок 13 шнекового преса, шнек 10 якого безперервно обертається (привод забезпечує електродвигун 16 через пружну муфту 15 і редуктор 14). Шнек подає відходи уздовж внутрішнього циліндра 11, створюючи в їх середовищі деякий статичний тиск рш.п. Віджата з відходів рідка фаза проходить через дрібні наскрізні отвори в

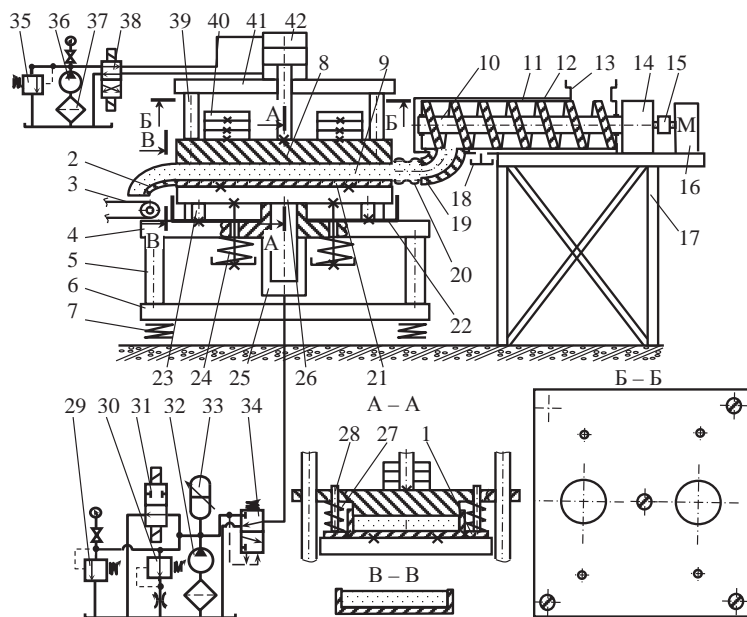


Рис. 1. Схема комплексу для зневоднення відходів харчових виробництв:

1 – пластини; 2 – жолоб; 3 – стрічковий конвеєр; 4, 6, 41 – середня, нижня та верхня поперечини; 5, 39 – колони; 7 – вібропорирі; 8 – пуансон; 9 – порція відходів; 10 – шнек; 11, 12 – внутрішній та зовнішній циліндри; 13, 19 – патрубки; 14 – редуктор; 15 – пружна муфта; 16 – електродвигун; 17 – станина; 18, 22 – баки; 20 – гумовотканинний рукав; 21 – прес-форма; 23 – упори; 24, 27 – пружини; 25 – гідроциліндр ГІП; 26 – вібростіл; 28 – штифти; 29 – запобіжний клапан; 30 – регулятор витрат; 31, 38 – гідророзподільники; 32, 36 – насоси; 33 – гідроакумулятор; 34 – віброзбуджувач; 35 – переливний клапан; 37 – фільтр; 40 – інерційні маси; 42 – допоміжний гідроциліндр.

стінках циліндра 11, закриті зсередини металевою фільтрувальною сіткою (отвори і сітка на схемі не показані), збирається у зовнішньому циліндрі 12 і далі через отвір в останньому стікає в бак 18, звідки йде на фільтрування [1]. Попередньо зневоднені відходи подаються через патрубок 19 і гумовотканинний рукав 20 у прес-форму 21 вібропресової машини з ГПП для остаточного зневоднення [1]. Циліндр 12 шнекового преса жорстко закріплений на станині 17.

До прес-форми 21 прикріплені чотири пластини 1 (див. розріз А – А на рис. 1), з якими, у свою чергу, жорстко зв'язані штифти 28. У прес-форму 21 зверху вільно входить пуансон 8. Між пуансоном і прес-формою установлені пружини 27, одягнені на штифти 28, що вільно входять в отвори пуансона 8 (див. розріз Б – Б на рис. 1). У прес-формі 21 виконана велика кількість наскрізних отворів діаметром 2 – 3 мм, закритих зсередини металевою фільтрувальною сіткою (на схемі не показані). Ліворуч за схемою до прес-форми 21 прикріплений жолоб 2 (див. розріз В – В на рис. 1). Пуансон 8 навантажений зверху інерційними масами 40, кількість яких можна змінювати. Прес-форма 21 закріплена на вібростолі 26, що, у свою чергу, зв'язаний із плунжером гідроциліндра 25 ГПП. Станина вібропресової машини складається з верхньої 41, середньої 4 і нижньої 6 поперечин. Верхня і середня поперечини з'єднуються чотирма колонами 39, а середня і нижня поперечини – колонами 5. Станина спирається на чотири віброопори 7. Вібростіл 26 підпружинений відносно середньої поперечини 4 чотирма пружинами 24. Знизу вібростіл 26 притискається до бурта поперечини 4 і до чотирьох упорів 23. На поперечині 4 під вібростолом 26 установлений бак 22. Пуансон 8 переміщається по колонах 39 (див. розріз В – В на рис. 1). На верхній поперечині 41 установлений допоміжний гідроциліндр 42, шток якого зв'язаний з пуансоном 8. ГПП вібропресової машини складається з насоса 32 з фільтром у всмоктувальній гідролінії, одноциклового рідинного гідроаккумулятора 33, запобіжного клапана 29, регулятора витрат 30, двопозиційного гідророзподільника 31 з електромагнітним керуванням та двокаскадного трілінійного вібробудувача 34, підключеного за схемою «на вході» [2]. Привод допоміжного гідроциліндра 42 включає насос 36 з фільтром 37 у всмоктувальній гідролінії, переливний клапан 35 та двопозиційний чотириходовий гідророзподільник 38 з електромагнітним керуванням.

Працює вібропресова машина в такий спосіб. При включеному насосі 32, закритому гідророзподільнику 31 (верхня позиція за схемою) і закритому вібробудувачі 34 (верхня позиція за схемою) робоча рідина від насоса надходить у порожнину гідроаккумулятора 33, тиск у якому збільшується. При досягненні максимального значення тиску ($p_1 = 11-14$ МПа), величину якого можна точно попередньо налаштувати, вібробудувач 34 відкривається (нижня позиція за схемою) і робоча рідина від насоса 32 і з порожнини гідроаккумулятора 33 під вказаним тиском надходить до робочої порожнини гідроциліндра 25. Плунжер останнього швидко переміщується вгору, долаючи зусилля попереднього стискання пружин 24. Разом із плунжером переміщуються прес-форма 21 з порцією відходів 9, пуансон 8 з масами 40, шток і поршень допоміжного гідроциліндра 42. При падінні тиску робочої рідини на вході у вібробудувач 34 до мінімальної величини ($p_2 = 4-5$ МПа) вібробудувач закривається (верхня позиція за схемою), з'єднуючи порожнину гідроциліндра 25 зі зливом.

Тиск в останньому також зменшується до величини тиску p_6 у зливному баку, в результаті чого плунжер, вібростіл 26, прес-форма 21 з відходами 9, що зневоднюються, пуансон 8 з масами 40, а також шток і поршень гідроциліндра 42 під дією власної сили ваги і сили пружності стиснутих пружин 24 повертаються у вихідне нижнє положення з ударом вібростолу 26 наприкінці холостого ходу об бурт поперечини 4 та об упори 23. Даний ударний імпульс передається відходам 9 і пуансону 8, що стискає пружини 27 і забезпечує додаткове навантаження відходів зверху. Тим часом у нагнітальній гідролінії насоса 32 знову починається етап збільшення тиску з повторенням описаного циклу спрацьовування ГПП. Таким чином, при періодичному збільшенні і зменшенні тиску робочої рідини в порожнині гідроциліндра 25, вібростіл 26 і зв'язані з ним рухомі елементи, у тому числі відходи 9, здійснюють вертикальні зворотно-поступальні переміщення з частотою ν до 60 Гц і амплітудою z_a до 4 мм (дані параметри можна безступінчасто регулювати за допомогою вібробудувача 34 і регулятора витрат 30). В результаті відходи 9 у прес-формі 21 піддаються віброударному навантаженню, що сприяє видаленню з них рідкої фази. Остання витікає через фільтрувальну сітку й отвори в прес-формі 21 і збирається в баку 22, з якого йде на фільтрування. Зневоднений концентрат витискається з прес-форми на жолоб 2 і далі скидається на стрічковий конвеєр 3, по якому подається на сушіння. Привод допоміжного гідроциліндра 42 слугує для підняття й опускання пуансона 8 з масами 40 з метою періодичного (раз у зміну) очищення прес-форми 21 від залишків відходів 9, а також при необхідності для забезпечення статичного притискання пуансона 8 до порції відходів 9 у прес-формі 21 у процесі їх зневоднення. Для підйому пуансона 8 необхідно від'єднати від нього рукав 20, запустити насос 36 і переключити золотник гідророзподільника 38 у нижню за схемою позицію. Тоді робоча рідина від насоса 36 буде подаватись під тиском у штокову порожнину гідроциліндра 42, а поршень порожнини останнього буде з'єднаний зі зливом. Тиск робочої рідини в штоковій порожнині буде зростати, а в поршневій зменшуватись. В результаті поршень та шток гідроциліндра 42 і разом з ними пуансон 8 з вантажами 40 піднімуться вгору. Для опускання пуансона гідророзподільник 38 переміщається у верхню за схемою позицію. Робоча рідина від насоса 36 при цьому подається в поршневу порожнину гідроциліндра 42, тоді як його штокова порожнина сполучається зі зливом. Для створення додаткового статичного притискання пуансона 8 до порції відходів 9 переливний клапан 35 налаштовують на певний тиск p_{np} , що відповідає заданому зусиллю притискання і при увімкненому насосі 36 перемикають гідророзподільник 38 у верхню за схемою позицію.

Одним з основних робочих параметрів процесів віброударного зневоднення відходів харчових виробництв, від якого залежить його продуктивність, є тиск p_6 у середовищі порції 9 відходів у прес-формі 21. Але величина p_6 буде змінюватись у продовж кожного циклу віброударного навантаження порції 9 та по об'єму останньої. У поперечному перерізі прес-форми 21 (див. розріз А – А на рис. 1) максимальні значення r_v будуть у шарі порції, що безпосередньо прилягають до дна прес-форми (тиск $p_{el,max}$) та до пуансона 8 (тиск $p_{ell,max}$) в момент часу початку переміщення вібростолу 26 вгору. При цьому з достатньо високою для проектних розрахунків точністю значення $p_{el,max}$, $p_{ell,max}$ можна розрахувати за формулами.

$$p_{el,max} = \frac{P_{z,max} S_{n1} - c_n z_{0n}}{S_n}; p_{el,max} = \frac{m_{II}(g + a_{II}) + p_{np} S_{u,o} + R_{к,y}}{S_n}, \quad (1)$$

де $p_{z,max}$ – максимальний тиск у порожнині гідроциліндра 25 ГПП, який приблизно дорівнює p_i ; S_{n1} , S_n , $S_{u,o}$ – площі поперечного перерізу плунжера гідроциліндра 25, прес-форми 21 (пуансона 8) та ефективною площі поршня з боку штокової порожнини гідроциліндра 42; c_n , z_{0n} – коефіцієнт жорсткості та попереднє стискування пружин 24; m_{II} – маса верхнього виконавчого елемента вібропресової машини, що включає маси пуансона 8, інерційних мас 40, поршня і штока допоміжного гідроциліндра 42; g – прискорення сили тяжіння; a_{II} – прискорення маси m_{II} (під час проведення проектних розрахунків значення прискорення виконавчих елементів вібропресових машин з ГПП можна наближено приймати рівними $(8 \div 10) g$ [2]; $R_{к,y}$ – сумарна сила сухого тертя між колонами 39 та пуансоном 8, між штифтами 28 та пуансоном 8, а також в ущільненнях поршня і штока допоміжного гідроциліндра 42 (згідно із розрахунками [2], проведеними для вібропресових машин різного призначення, величину $R_{к,y}$ з високим ступенем наближення можна прийняти рівною $1/10$ значення рушійного зусилля $F_p = P_{z,max} S_{n1}$).

На рис. 2, а представлена аналітична залежність зміни тиску $p_{v,max}$ у поперечному перерізі порції відходів у прес-формі по висоті останньої, на початку циклу віброударного навантаження. Як показали розрахунки [1] величина $p_{el,max}$ є дещо більшою за $p_{el,max}$. Крім цього, очевидно що у середніх шарах порції тиск рв.та є меншим за $p_{el,max}$, $p_{el,max}$, у зв'язку із втратами енергії на пружне і в'язке демпфірування у середовищі порції. Однак при незначній висоті порції Нп зменшення $p_{v,max}$ у середніх перерізах можна знехтувати.

На рис. 2, б представлена аналітична залежність зміни $p_{v,max}$ по довжині L_n порції у шарі відходів, що безпосередньо прилягає до днища прес-форми на початку циклу віброударного навантаження. І ця залежність є також нелінійною. Максимальним значення рв.та буде в точці на вертикальній осі порції: $p_{v,max} = p_{el,max}$. На вході у прес-форму у перерізі з'єднання останньої з гумовотканинним рукавом 20 (див. рис. 1) тиск рв.та буде приблизно відповідати тиску на виході шнекового преса: $p_{v,max,ex} = p_{ш,n}$. На виході з прес-форми у перерізі приєднання жолоба 2 тиск $p_{v,max}$ дорівнюватиме атмосферному тиску: $p_{v,max,s} = p_0$.

Ще одним важливим робочим параметром процесів віброударного зневоднення, від якого також значною мірою залежить їх ефективність є частота ν коливань вібростолу 26 (див. рис. 1) [1]. Як відомо, частота ν є зворотно-пропорційною періоду коливань T , який для розглядуваної гідросистеми відповідає тривалості T_u циклу спрацювання ГПП. Отже:

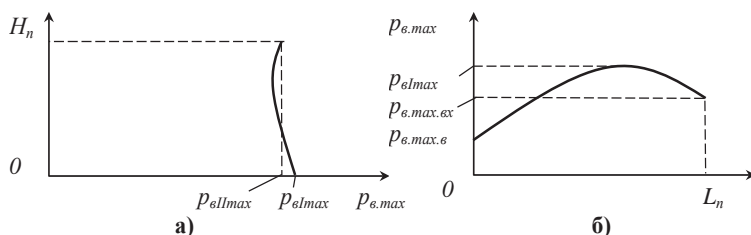


Рис. 2. Залежності максимального тиску рв.та у середовищі відходів на по-чатку циклу віброударного навантаження по висоті H_n порції (а) та по довжині порції L_n (б): $p_{vL,max}$, $p_{vH,max}$ – тиски у шарах порції, що прилягають до днища прес-форми та до пуансона; $p_{v,max,ex}$, $p_{v,max,s}$ – тиски на вході та на виході з прес-форми

$$\nu = \frac{1}{T_u}. \quad (2)$$

Тривалість T_u , в свою чергу, складається з часу тнт набору тиску у об'ємі $W_{o,a}$ ГПП, що акумулює від p_2 до p_1 та часу $t_{3,m}$ зменшення тиску від p_1 до p_2 . Об'єм $W_{o,a}$ включає внутрішній об'єм W_a гідроаккумулятора 33 та об'єми гідролінії довжинами l_{n1} , l_{n2} , з площами прохідних перерізів f_{n1} , f_{n2} , які з'єднують насос 32 з гідроаккумулятором 33 та віброзбуджувачем 34. Тобто

$$T_u = t_{n,m} + t_{3,m}. \quad (3)$$

Час $t_{n,m}$ наближено визначаємо за допомогою формул [3]

$$\frac{\Delta W_{o,a}}{W_{o,a}} = \frac{\Delta p}{K_{o,a}}; \Delta W_{o,a} = \frac{Q_n - Q_{p,s}}{t_{n,m}}, \quad (4)$$

де $\Delta W_{o,a}$ – збільшення об'єму робочої рідини в об'ємі $W_{o,a}$, що забезпечується за рахунок подачі Q_n насоса 32 та призводить до збільшення тиску $\Delta p = p_1 - p_2$; $Q_{p,s}$ – витрати робочої рідини, що зливається через площу прохідного перерізу $f_{p,s}$ регулятора витрат 30; $K_{o,a}$ – зведений модуль об'ємної пружності об'єму $W_{o,a}$ [3], що можна визначити за формулами [1, 3]

$$K_{o,a} = 1 / \left(\frac{1}{K_{p,ap}} + \frac{1}{K_{n1}} + \frac{1}{K_{n2}} + \frac{1}{K_a} \right); \quad (5)$$

$$K_{p,a1} = \frac{1.5 \cdot K_p \left(\frac{W_p}{W_z} + 1 \right)}{\frac{W_p}{W_z} + 1.5 \cdot K_p \frac{p_0}{p_1^2}}; K_{p,a2} = \frac{1.5 \cdot K_p \left(\frac{W_p}{W_z} + 1 \right)}{\frac{W_p}{W_z} + 1.5 \cdot K_p \frac{p_0}{p_2^2}};$$

$$K_{n1} = \frac{K_m \cdot \delta_{n1}}{d_{n1}}; K_{n2} = \frac{K_m \cdot \delta_{n2}}{d_{n2}}; K_a = \frac{K_m \cdot \delta_a}{d_a},$$

де $K_{p,ap}$ – середня величина адиабатного модуля об'ємної пружності робочої рідини в об'ємі $W_{o,a}$ при зміні тиску від p_1 до p_2 ; $K_{p,a1}$, $K_{p,a2}$ – адиабатні модулі пружності при тисках p_1 і p_2 з урахуванням вмісту нерозчиненого повітря; W_p , W_z – відповідно, об'єми рідинної і газової фаз робочої рідини при атмосферному тиску p_0 ; K_{n1} , K_{n2} , K_a – зведені модулі об'ємної пружності стінок гідролінії і порожнини об'єму $W_{o,a}$; K_m – модуль об'ємної пружності матеріалу гідролінії або порожнини; δ_{n1} , δ_{n2} , δ_a , d_{n1} , d_{n2} , d_a – товщини стінок та діаметри гідролінії і порожнини об'єму $W_{o,a}$.

Інші параметри у формулах (4) визначаємо таким чином [3]

$$W_{o,a} = l_{n1} f_{n1} + l_{n2} f_{n2} + W_a; Q_{p,s} = \mu_{p,s} f_{p,s} \sqrt{2 \left(\frac{p_1 + p_2}{2} - p_0 \right)} / \rho_p, \quad (6)$$

де $\mu_{p,s}$ – коефіцієнт витрат регулятора витрат [3]; ρ_p – густина робочої рідини.

З формул (4) отримуємо

$$t_{n,m} = \frac{(Q_n - Q_{p,s}) K_{o,a}}{W_{o,a} (p_1 - p_2)}. \quad (7)$$

Після підстановки у (7) формул (5, 6) можна розрахувати $t_{n,m}$.

За результатами експериментів [1] значення $t_{3,m}$ для вібропресових машин з ГПП з віброзбуджувачем «на вході» [2], незалежно від їх призначення складає

$$t_{3,m} \approx 0,1 \cdot T_u = t_{n,m} / 9. \quad (8)$$

Для визначення амплітуди z_a коливань вібростолу складаємо рівняння руху виконавчих елементів вібропресової машини на етапі їх переміщення з граничного нижнього у граничне верхнє положення

$$(m_1 + m_{II}) \ddot{z} = 0,9 \cdot p_1 S_{n1} - c_n (z_{0n} + z) - p_{np} S_{u,o}; 0 \leq t \leq t_{n,m}, \quad (9)$$

де m_1 – маса нижнього виконавчого елемента машини, що включає маси плунжера гідроциліндра 25, вібростолу 26, прес-форми 21 та порції відходів 9.

Розв'язуючи рівняння (9) чисельними методами на комп'ютері при $t = t_{n,m}$ визначаємо $z(t_{n,m}) = z_a$.

Висновки і пропозиції. Одним з найбільш ефективних способів зневоднення відходів харчових виробництв за продуктивністю, енергоємністю та кінцевою вологістю відходів, що забезпечується, є спосіб віброударного навантаження на вібропресових машинах з ГПП, що відрізняються

компактністю, надійністю та порівняно невисокою вартістю.

Для реалізації пропонованого способу авторами розроблені схема високоефективного комплексу в складі шнекового преса та вібропресової машини з ГПП, а також методика розрахунку основних робочих параметрів останньої, впровадження яких на підприємствах харчової промисловості України дозволить ефективно розв'язати проблему утилізації їх відходів.

Список літератури:

1. Севостьянов И. В. Процессы и оборудование для виброударного разделения пищевых отходов. Монография / И. В. Севостьянов. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 417 с.
2. Искович-Лотоцкий Р. Д. Машины вибрационного и виброударного действия / Искович-Лотоцкий Р. Д., Матвеев И. Б., Крат В. А. – Киев: Техніка, 1982. – 208 с.
3. Башта Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта, Б. Б. Некрасов. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.

Севостьянов И.В., Ольшевский А.И.

Винницкий национальный технический университет

МАШИНА ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОТХОДОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Аннотация

В статье приводится схема высокоэффективного технологического комплекса для виброударного обезвоживания отходов пищевых производств (спиртовой барды, пивной дробины, свекольного жома, кофейного шлама). Комплекс обеспечивает высокую производительность рабочего процесса при его сравнительно низкой энергоёмкости и значительной степени обезвоживания отходов. Приводятся зависимости для определения рабочих параметров виброударного обезвоживания.

Ключевые слова: виброударное обезвоживание, отходы пищевых производств.

Sevostyanov I.V., Olshevsky A.I.

Vinnitsa National Technical University

MACHINE FOR DEHYDRATION OF A WASTE OF FOOD PRODUCTIONS

Summary

The scheme of a highly effective technological complex for vibro-blowing dehydration of a waste of food manufactures (spirit bards, beer pellet, beet press, coffee slime) are presented in this article. The complex provides high efficiency of working process at its rather low power consumption and considerable degree of dehydration of a waste. Dependences for definition of working parameters vibro-blowing dehydration are resulted.

Keywords: vibro-blowing dehydration, a waste of food manufactures.

УДК 69.658.5:624.016

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ ЗІ ЗВЕДЕННЯ ПОКРИТТІВ ІЗ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТРУКТУРНО-ВАНТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Стороженко Л.І., Гасій Г.М., Дяченко Є.В., Гапченко С.А.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Стаття присвячена висвітленню особливостей технології та потокової організації виконання робіт при монтажі сталезалізобетонних структурно-вантових конструкцій покриття. Приводиться склад комплексного процесу виконання робіт. Аналізуються складові потоки.

Ключові слова: потокова організація будівництва, технологія монтажу, структурно-вантові конструкції, покриття, сталезалізобетон.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку будівництва, який супроводжується постійним пошуком і впровадженням новітніх конструкцій, ефективність й переваги яких порівняно з уже відомими конструкціями полягають у задоволенні сучасним вимогам будівельного ринку –

зменшені витрат матеріалів, трудомісткості та вартості. Такими перевагами разом із забезпеченням потрібної жорсткості та надійності під час експлуатації володіють сталезалізобетонні структурно-вантові конструкції. Для широкого впровадження у практику будівництва таких конструкцій необхідно