

5. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А.Н. Панченко// Днепропетр. гос. агр. ун-т.- Днепропетровск, 1999. – 140с.
6. Баловнев В.И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожностроительных машин. – М.: Машиностроение, 1974. – 232с.

Аннотация

ОТВАЛЬНЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕХНИЧЕСКОМ ЭТАПЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННОЙ ПОЧВЫ

Волик Б., Когут И.

В работе рассмотрены отдельные аспекты механизации технического этапа рекультивации техногенно нарушенных почв. Предложена конструкция рабочего органа, обеспечивающего отвальную обработку неконсолидированных почв. Приведены основные положения методики определения его конструктивных параметров.

Abstract

A TILLAGE TOOL FOR UTILIZATION IN THE TECHNICAL STAGE OF RECLAMATION OF TECHNOGENICALLY DISTURBED SOIL

B. Volik, I. Kogut

The paper looks into certain aspects of mechanization of the technical stage of reclamation of technogenically disturbed soils. The author offers a design of the tillage tool that will provide moldboard tillage of unconsolidated soils and sets out the basic points of the methodology for determination of its design parameters.

УДК 631.33

ПРОЦЕС УТВОРЕННЯ ПУЛЬПИ В КООРДИНАТНОМУ ГІДРОПНЕВМАТИЧНОМУ ВИСІВНОМУ АПАРАТІ

Бойко В.Б.

Дніпропетровський державний аграрний університет

Приведені результати теоретичних досліджень формування псевдозрідженого шару в зоні забору насіння до пульпопроводу координатного гідропневматичного висівного апарата, обґрунтовано форму конструкції забірної камери.

Постановка проблеми. Якісні показники роботикоординатного гідропневматичного висівного апарата [1] напряму залежать від процесу формування пульпи із насіння та рідини. Перемішування в гідро сівалках

можездійснюватись механічним, гідравлічним, пневматичним способами, вибір способу впливатиме на рівномірність розподілення насіння в рідині та на травмування наключеного насіння.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На даний час висівні апарати гідравлічного типу [2] застосовуються для озеленення важкодоступних місць за рахунок розбризкування насіння з рідиною а також для висіву насіння овочевих культур способом вільного проливання рідини [3]. В обох випадках утворення пульпи досягається механічним способом, який має ряд недоліків: травмування наключеного насіння, неефективна витрата потужності на перемішування всього об'єму рідини.

Мета роботи теоретично дослідити процес формування пульпи гідравлічним способом в координатному гідропневматичному висівному апараті.

Виклад основного матеріалу. В забірній камері висівного апарата [1] насіння повинно підніматися потоком рідини, утворюючи пульпу з заданою концентрацією насіння. Процеси утворення пульпи з різноманітних за властивостями твердих частинок детально розглядаються у теорії гравітаційних методів збагачення природних копалин [4, 5]. Як відмічається у [4], для інтенсифікації тепло- і масообміну, змішування сипких матеріалів, агломерації, гранулювання та інших процесів широко використовуються апарати із псевдозрідженим шаром (ПЗШ) зернистого матеріалу (зважений, киплячий шар). Модель ПЗШ подають наступним чином.

Якщо через нерухомий шар матеріалу, що лежить на утримуючій решітці апарата (рис. 1), пропустити знизу вгору потік рідини, то стан шару буде визначатися швидкістю ω рідини:

$$\omega = V/f_a, \quad (1)$$

де: V – об'ємна витрата рідини, $\text{м}^3/\text{с}$;
 $f_a = \pi d^2/4$ – площа поперечного перерізу циліндричного апарата, м^2 ;
 d – діаметр поперечного перерізу апарата, м .

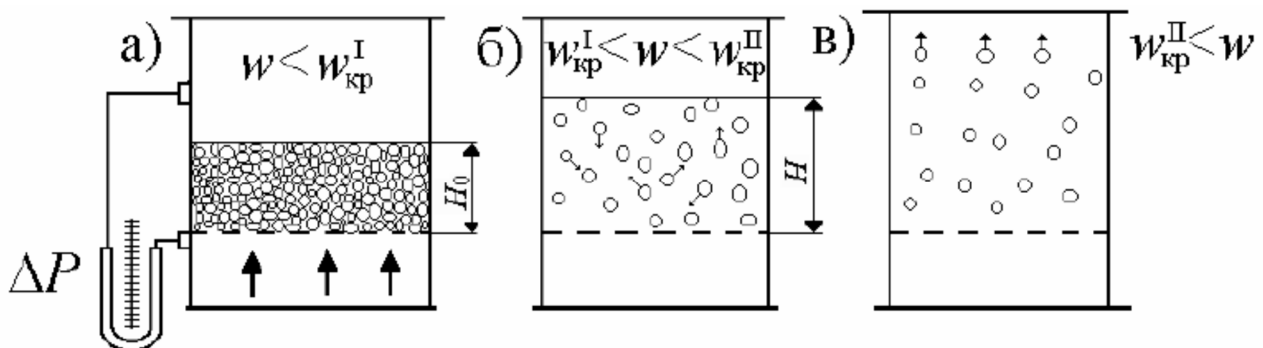


Рис. 1 – Зміна структури шару залежно від швидкості рідини [4]:

а) – нерухомий шар; б) – псевдозріджений шар; в) – винесення часток з апарата

Всі розрахунки по визначенню параметрів псевдозрідженого шару базуються на врахуванні швидкості ω рідини, визначеної за формулою (1). Це

пов'язано з тим, що виміряти дійсну швидкість рідини у проміжках між твердими частками матеріалу практично неможливо.

При швидкостях потоку нижче першої критичної $\omega_{кр1}$ (швидкість початку псевдозрідження, рис. 1а) шар товщиною H_0 залишається нерухомим, рідина рухається через шар у режимі фільтрації.

При досягненні рідини першої критичної швидкості $\omega_{кр1}$ шар переходить у псевдозріджений стан (рис. 1б). При цьому його товщина збільшується $H > H_0$ а тверді частки починають переміщатися по шару. Подальше збільшення швидкості приводить до збільшення висоти шару (шар розширюється).

При досягненні рідиною другої критичної швидкості $\omega_{кр2}$ (швидкість винесення, рис. 1в) шар руйнується, зникає його верхня межа а частки в режимі пневмотранспорту виносяться з апарата.

Розширення шару у псевдозрідженому стані характеризується збільшенням порозності ε , яка визначається як відношення об'єму порожнин $V_{п}$ у шарі, до об'єму всього шару $V_{ш}$:

$$\varepsilon = \frac{V_{п}}{V_{ш}} = \frac{V_{ш} - V_{т}}{V_{ш}} = 1 - \frac{V_{т}}{V_{ш}}, \quad (2)$$

де: $V_{т}$ – об'єм, займаний твердими частками в шарі, m^3 ;
 $V_{ш} = f_a \cdot H$ – загальний об'єм псевдозрідженого шару, m^3 ;
 H – висота шару, m .

Відомо, що порозність нерухомого шару ε_0 твердих кулеподібних часток однакового діаметра становить 0,4[4]. Простими експериментами з точністю $\pm 5\%$ нами підтверджено $\varepsilon_0 = 0,4$ для насіння цибулі, капусти, ріпаку, для моделі насіння (вуглепластикових часток) циліндричної форми з діаметром $d = 2$ мм та з відношенням довжини до діаметра $l/d = 1,5 \dots 2,5$.

При швидкостях потоку рідини нижче першої критичної $\omega_{кр1}$ маємо:

$$V_{т} = f_a \cdot H_0 \cdot (1 - \varepsilon_0) = 0,6 \cdot f_a \cdot H_0 \quad (3)$$

де: H_0 – висота нерухомого шару.

У процесі псевдозрідження об'єм твердих часток залишається величиною постійною, отже, поточну порозність можна визначати за висотою шару H – параметром, який піддається простому вимірюванню і контролю:

$$\varepsilon = 1 - f_a \cdot H_0 \cdot (1 - \varepsilon_0) / f_a \cdot H = 1 - (1 - \varepsilon_0) \cdot H_0 / H = 1 - 0,6 \cdot H_0 / H. \quad (4)$$

З формули (4) видно, що зі збільшенням швидкості потоку рідини, що веде до збільшення висоти H , порозність шару збільшується. При швидкості винесення, граничної для псевдозрідженого шару, можна вважати, що $V_{ш} \gg V_{т}$, отже, $\varepsilon \approx 1$. Таким чином, псевдозріджений шар може існувати в межах:

- від $\varepsilon = \varepsilon_0$ | $\omega < \omega_{кр1}$ | - до $\varepsilon \approx 1$ | $\omega \geq \omega_{кр2}$ |

Шар твердих часток для потоку рідини є гідравлічним опором, отже, диференціальним манометром (рис. 1а) можна виміряти перепад тиску, що виникає при русі рідини через цей шар.

На рисунку 2 показані графіки типових змін гідравлічного опору шару ΔP і порозності ϵ в залежності від швидкості потоку псевдозрідженого шару [4].

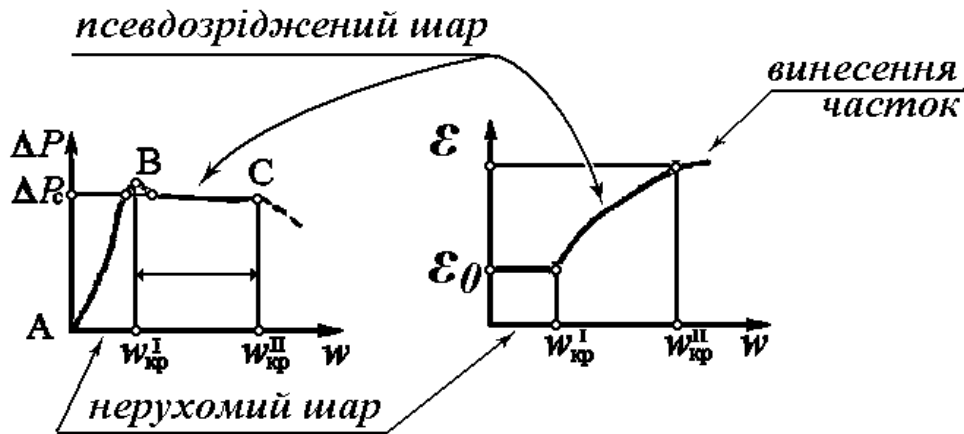


Рис. 2 – Залежності $\Delta P = f(w)$ та $\epsilon = f(w)$ [4]

У момент початку псевдозрідження вага зернистого матеріалу, що припадає на одиницю площі поперечного перерізу апарата (з урахуванням сили виштовхування), урівноважується силою гідравлічного опору шару:

$$\Delta P_{ш} = G_{ш}/f_a = g \cdot H_0 \cdot (\rho_n - \rho_p) \cdot (1 - \epsilon_0), \quad (5)$$

де: $G_{ш}$ – вага шару насіння, Н;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 ρ_n – щільність насіння, кг/м³;
 ρ_p – щільність рідини, кг/м³.

Розрахунок критичних швидкостей для псевдо зрідженого шару проводиться з використанням залежності між критеріями Лященко і Архімеда: критерій Лященко;

$$L_y = \frac{\omega^2 \cdot \rho_p^2}{\mu_c \cdot (\rho_n - \rho_p) \cdot g}, \quad (6)$$

критерій Архімеда

$$A_r = \frac{d_n^3 \cdot \rho_p \cdot (\rho_n - \rho_p) \cdot g}{\mu_c^2}, \quad (7)$$

де: μ_c – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини Па·с ;
 d_n – діаметр насінини, м.

Для розрахунку критичних швидкостей використаємо формулу Годеса:

$$R_{\varepsilon} = \frac{A_r \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,61 \sqrt{A_r \cdot \varepsilon^{4,75}}}, \quad (8)$$

де: $R_{\varepsilon} = \frac{\omega \cdot d_n \cdot \rho_p}{\mu_c}$ – критерій Рейнольдса

Для розрахунку швидкості початку псевдо зрідження ($\varepsilon = \varepsilon_0 = 0,4$):

$$Re_{кр1} = \frac{A_r}{1400 + 5,22 \sqrt{A_r}}, \quad (9)$$

Прирівняємо критерій Рейнольдса і рівняння (9) і визначимо першу критичну швидкість

$$\omega_{кр1} = \frac{A_r \cdot \mu_c}{d_n \cdot \rho_p \cdot (1400 + 5,22 \cdot \sqrt{A_r})} \quad (10)$$

Для розрахунку швидкості виносу насіння ($\varepsilon_{п} = 1$):

$$Re_{кр2} = \frac{A_r}{18 + 0,61 \sqrt{A_r}}, \quad (11)$$

Прирівняємо критерій Рейнольдса і рівняння (11) і визначимо другу критичну швидкість $\omega_{кр2}$

$$\omega_{кр2} = \frac{A_r \cdot \mu_c}{d_n \cdot \rho_p \cdot (18 + 0,61 \sqrt{A_r})} \quad (12)$$

Провівши математичні перетворення рівняння (8) визначимо порозність насіння

$$\varepsilon = \left(\frac{18 \cdot \left(\frac{\omega \cdot d_n \cdot \rho_p}{\mu_c} \right) + 0,36 \cdot \left(\frac{\omega \cdot d_n \cdot \rho_p}{\mu_c} \right)^2}{A_r} \right)^{0,21} \quad (13)$$

Аналіз отриманих виразів (7, 10, 12, 13) показує, що критична швидкість залежить від геометричних (d_n), та гідродинамічних (ρ_p , ρ_n , μ_c) параметрів, кожен з цих параметрів має вплив на значення $\omega_{кр}$.

Для проведення розрахунків приймаємо, що щільність рідини (води) $\rho_p = 1000$ кг/м³, $g = 9,81$ м/с², коефіцієнт динамічної в'язкості води при температурі 15 0С становить $\mu_c = 0,0014$ Па·с, щільність та діаметр насіння капусти, томатів, перцю, цибулі сіянки приймаємо відповідно $\rho_n = 1200$ кг/м³, $d_n = 1-5$ мм з кроком 1 мм.

За результатами розрахунку побудовано графічну залежність критичної швидкості $\omega_{кр1}$ та $\omega_{кр2}$ від діаметра насіння d_n (рис. 3) та залежність порозності насіння ε від швидкості потоку ω (рис. 4).

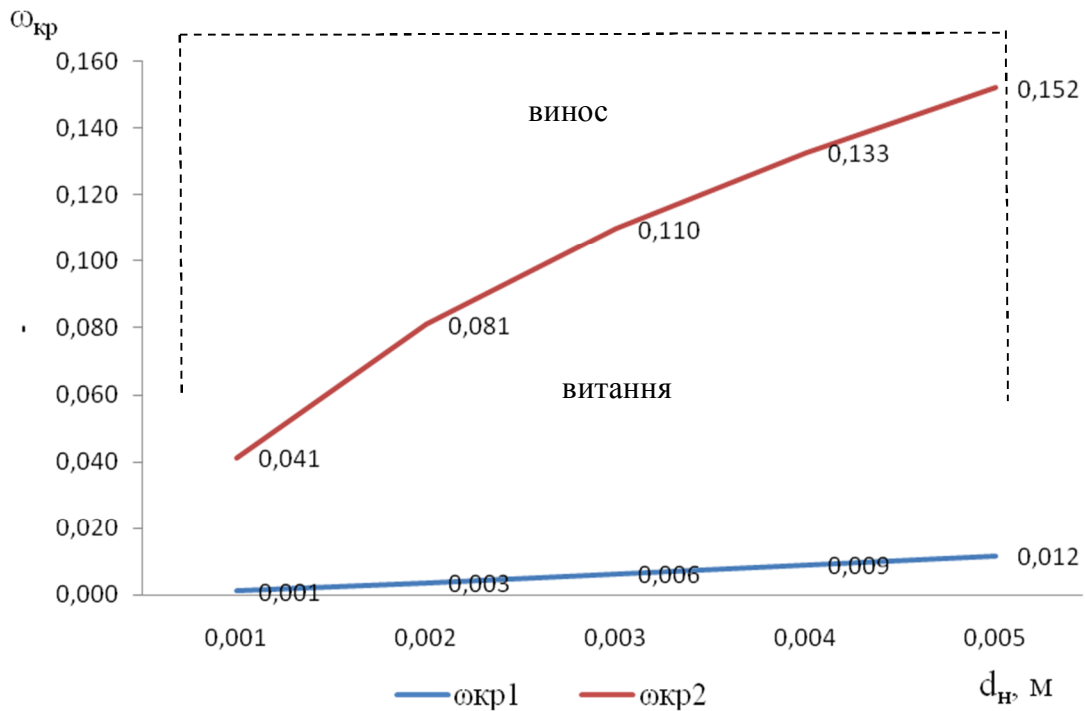


Рис. 3 – Залежність критичної швидкості $\omega_{кр1}$ та $\omega_{кр2}$ від розмірів насіння

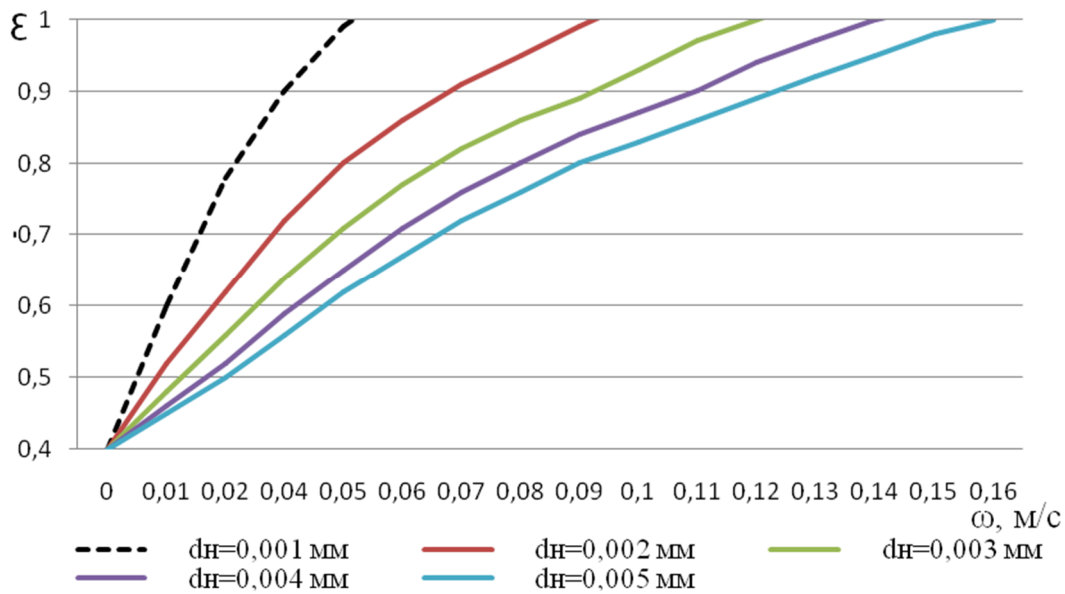


Рис. 4 – Залежність порозності насіння ε від швидкості потоку ω

З графіка 3 видно, що значення критичної швидкості виносу насіння ω в залежності від розмірів насіння змінюється в чотири рази. Це необхідно врахувати при виборі форми змішувальної камери висівного апарата. Також швидкість потоку впливатиме на порозність ε (рис. 4) тобто на його концентрацію в одиниці об'єму. Для покращення ефективності роботи висівного апарату необхідно використовувати посівний матеріал з схожими гідродинамічними властивостями. Перед посівом насіння необхідно класифікувати за допомогою гідросепаратора [6].

Наведені вищезакономірності поведінки шару часток у потоці рідини приведені відносно циліндричного апарата, для якого можна допустити постійність значення швидкості потоку по висоті.

У висівному апараті забірна камера виконана у вигляді тригранної призми, поставленої на ребро (рис. 5, або конічної поверхні, як варіант). Потік рідини спрямовується з нижньої звуженої частини і, піднімаючись, розширюється і зменшує швидкість.

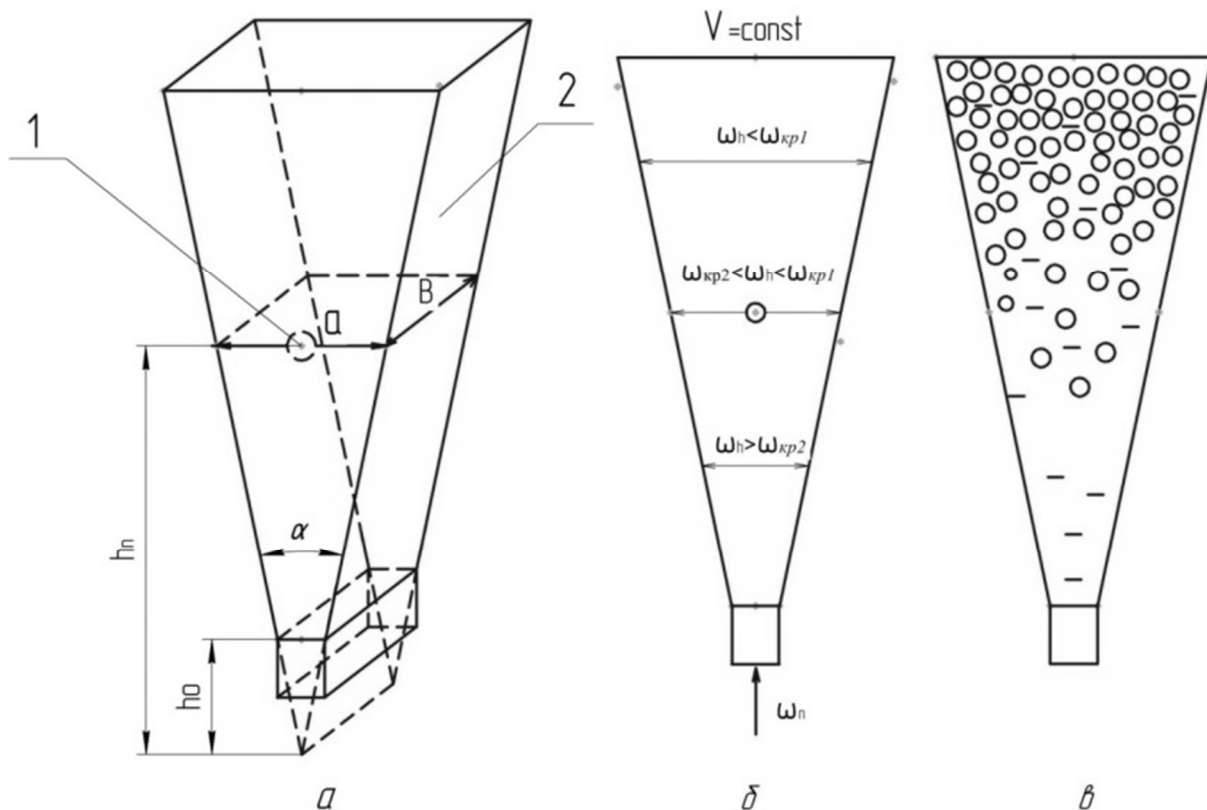


Рис. 5 – Забірна камера висівного апарата: а – загальний вигляд забірної камери; б – зміна швидкості в забірній камері; в – розподіл насіння по забірній камері; 1 – вхід в пульпопровід; 2 – забірна камера.

При збільшенні висоти h від мінімального значення h_0 (рівень вхідного отвору) переріз F лінійно збільшується як

$$F_h = 2 \cdot B_{\square} \cdot h \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (14)$$

де: B – ширина забірної камери.

Якщо на вході швидкість потоку дорівнює ω_n , то із збільшенням висоти h швидкість ω_h буде змінюватися як

$$\omega_h = \omega_n \cdot \frac{F_{h_0}}{F_h} = \omega_n \cdot \frac{h_0}{h} \quad (15)$$

тобто, незалежно від кута α між гранями забірної камери (або конусності конічної забірної камери) збільшення висоти потоку супроводжується зменшенням його швидкості. Якщо швидкість потоку ω_h буде перевищувати швидкість виносу часток $\omega_h > \omega_{kp2}$, то на деякому рівні h вона зменшиться до значення $\omega_{kp1} < \omega_h < \omega_{kp2}$, при якому існує псевдозріджений шар, а ще вище швидкість зменшиться до швидкості фільтрації $\omega_h < \omega_{kp1}$. Ширина зони існування

псевдозрідженого шару буде залежати від інтенсивності зміни швидкості, тобто, від кута між гранями призми. Крім того, згідно експериментальних даних (рис. 2), по висоті ПЗШ пропорційно зменшенню швидкості буде зменшуватися порозність, тобто концентрація твердих часток (насінин) у пульпі, як показано на рис. 5в.

Висновки:

1. Проведені теоретичні дослідження дали змогу визначити вплив основних параметрів, на процес пульпоутворення.

2. За результатами проведених розрахунків обрано оптимальну форму заборної камери координатного гідропневматичного висівного апарата.

Список використаних джерел

1. Спосіб координатного гідропневматичного висіву насіння та пристрій для його реалізації. Патент України UA № 90998A01C7/04. Бюл. № 12, 2010.
2. Гидросеялка. Патент Белорусии № 4795A 01C 7/00. 2002.
3. Гідросівалка для висіву пророщеного насіння. Патент України № 58353 A01C7/16. Бюл. № 7. 2011.
4. АэровМ.Э. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем / М.Э.Аэров, О.М.Тодес.- М.:Химия, 1976.- 510с.
5. ГельперинН. И. Основы техники псевдооживления / Н. И. Гельперин, В. Т.Айнштейн, В.Б. Кваша.- М.:Химия, 1967.- 664с.
6. В.Б. Бойко. Дослідна установка гідросепаратора для вивчення гідродинамічних властивостей насіння овочевих культур. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 2. С.192 – 199.

Аннотация

ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ПУЛЬПЫ В КООРДИНАТНОМ ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКОМ ВЫСЕВАЮЩЕМ АППАРАТЕ

Бойко В.

Приведены результаты теоретических исследований формирования псевдооживленного слоя в зоне забора семян, в пульпопровод координатного гидронеуматического высевяющего аппарата, обоснованно форму конструкции заборной камеры.

Abstract

THE PROCESS OF EDUCATION PULP IN THE COORDINATE HYDRO-PNEUMATIC PLANTER

V. Boyko

Contains the results of theoretical studies of the formation of the pseudo-liquefied layer in the area of seed intake, slurry pipe line coordinate hydro-pneumatic planter, reasonably shape of the structure of the working chamber.