

agricultural production: Journal KNTUA. - Kharkov: KNTUA, 2007. - Vol. 59. Т. 1. - P. 69-76.
4. Tishchenko L.N. Experimental studies intralayer processes ploskoreshetnyh vibratory separators [Экспериментальные Studies vnutrysloevnyh processes in ploskoreshetnyh vybratsyonnyh separators] / L.N.Tyschenko, M.V.Pyven // vibrations in engineering and technology. - Ball, 2015. - № 4 (80). - S. 206-211.
5. Tishchenko L.N. Hydrodynamics separation grain [Fluid dynamics sepyarovanyya grain] / L.N.Tyschenko, V.P.Olshansky, S.V.Olshansky. - Kharkov: Miskdruk, 2010. - 174 p.
6. Tishchenko L.N. Vibroreshetnaya separation of grain mixes [Vybroreshetnaya separatsyya grain mixture] / L.N.Tyschenko, V.P.Olshansky, S.V.Olshansky. - Kharkov: Miskdruk, 2011. -

280 p.

7. Olshansky V.P. The calculation of the movement of grain mixture on a flat vibrating sieve [K Calculation movement zernovoy mixture on a flat sieve vybryuyuschemu] / V.P.Olshansky, S.Y.Kucherenko, V.V.Burlaka // APC technical service, engineering and technology in agricultural engineering: Herald KNTUA. - Kharkov: KNTUA, 2009. - Vol. 77. - P. 238-244.
8. Dolhunyn V.N. Quick gravitational flow of granular materials: Measuring equipment, patterns, technological application [Speed hravytatsyonnye techenyya zernystyh materials: measuring technics, zakonomernosty, Technological Application] / V.N.Dolhunyn, V.Ya.Borschëv. - M.: Engineering, 2005. - 73 p.

Аннотация

ТАБЛИЧНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРИСТОСТИ В СЛОЕ ЗЕРНОСМЕСИ НА ПЛОСКОМ ВИБРОРЕШЕТЕ

Ольшанский В.П., Ольшанский С.В.

Компьютерным интегрированием нелинейного дифференциального уравнения второго порядка составлена таблица для расчета пористости в слое зерносмеси при ее равномерном движении по плоскому виброрешету, наклоненному к горизонту. Сравнение полученных распределений пористости с известными в литературе подтвердило высокую точность и универсальность предложенного способа расчета. Проиллюстрирована также возможность применения составленной таблицы к решению обратной задачи, а именно к идентификации коэффициента исходного дифференциального уравнения по данным экспериментального измерения пористости в двух точках слоя зерносмеси, равноудаленных от ее свободной поверхности.

Ключевые слова: плоское виброрешето, пористость слоя зерносмеси, табличный способ, нелинейное дифференциальное уравнение, идентификация коэффициентов уравнения.

Abstract

TABULAR POROSITY IN A LAYER ON A FLAT GRAIN MIXTURE VIBRATING SCREEN

Olshansky V.P. Olshansky S.V.

Computer integration of non-linear second-order differential equation is composed of the table to calculate the porosity in the grain mixture layer with uniform driving on flat vibrating screen inclined to the horizon. Comparison of distributions obtained with known porosity in the literature confirm accuracy and versatility of the method of calculation. It illustrates also the possibility of using a table drawn up to solve the inverse problem, namely the identification of the original differential equation coefficient according to the experimental measurement of the porosity of the two points layer grain mixture, different distance from its free surface.

Keywords: flat vibrating screen porosity grain mixture layer, the tabular method, non-linear differential equation, the identification of the coefficients.



УДК 631.362:532

КОНТИНУАЛЬНА ТРЬОХПАРАМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ ЗЕРНОСУМІШІ ПО ПЛОСКОМУ ВІБРОРЕШЕТУ

Ольшанський В.П., д.ф.-м.н., проф., Бурлака В.В., к.т.н., доц.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

Складено та проінтегровано аналітично нелінійне диференціальне рівняння усталеного руху шару сепарованої зерноsumіші по плоскому віброрешету, що нахилене до горизонту. Використано степеневу реологічну залежність дотичного напруження в суміші від швидкості деформацій зсуву. Додатково також врахована наявність у вібророзрідженій суміші залишкового сухого тертя. За результатами обчислень проаналізовано вплив на швидкість потоку й об'єму продуктивність решета товщини рухомого шару суміші та трьох сталих у реологічній залежності. Розглянуто питання ідентифікації констант після випромінювання кінематичних параметрів потоку сепарованого матеріалу.

Ключові слова: швидкість руху, усталений потік зерноsumіші, плоске нахилене віброрешето, степенева реологічна залежність, залишкове сухе тертя.

Постановка проблеми. Швидкість руху зерноsumіші по поверхні решета суттєво впливає на продуктивність решета і якість сепарування. Зі збільшенням швидкості зростає продуктивність решета, але надмірне її збільшення погіршує якість сепарування. Тому для вибору раціонального значення зерно потоку потрібно знати вплив на неї різних чинників, який зручно з'ясувати, маючи відповідні адекватні математичні моделі руху. Отже, розробка математичних моделей зернопотоків по поверхнях решіт відноситься до актуальних науково-прикладних задач.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. У континуальних моделях руху сепарованих зерноsumішей по поверхнях решіт часто використовують ньютоніву лінійну залежність дотичного напруження від швидкості деформацій зсуву [1-6]. Але ряд авторів, зокрема [7-13], висловлюють думку, що при відносно великих швидкостях деформацій зсуву, властивих і вібро-сепарованим зерноsumішам, адекватність математичних моделей поліпшиться, якщо замість лінійної, прийняти квадратичну реологічну залежність. Раніше до цього висновку прийшов також Бегнолд, провівши власні експериментальні дослідження [7]. Тут, на відміну від згаданих вище робіт, в основу моделі руху зерноsumіші закладаємо більш загальну, а саме степеневу, залежність між дотичним напруженням і градієнтом швидкості потоку. Додатково також враховуємо наявність у рухомій зерноsumіші залишкового сухого тертя, про яке вже йшлося в роботах [9, 10]. Отже, розглядаємо модель руху, що має три реологічні сталі. Випадок двох сталей розглянуто в [14].

Постановка задачі. Метою роботи є виведення та апробація розрахункових формул для обчислення швидкості усталеного потоку зерноsumіші та об'ємної продуктивності нахиленого віброрешета з використанням нелінійної трьох параметричної реологічної залежності. Ставиться задача складання нелінійного диференціального рівняння руху, побудови його аналітичного розв'язку та відповідних розрахункових формул, втім числі для ідентифікації трьох реологічних констант за результатами експериментальних вимірювань кінематичних характеристик зерно потоку.

Викладення основного матеріалу. Для виведення нелінійного диференціального

рівняння усталеного руху зерноsumіші використаємо залежності з [3, 4]:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}; \quad u = (y) = \frac{\rho g \sin \theta}{2\mu} (h^2 - y^2) + u_0. \quad (1)$$

Тут τ – дотичне напруження; μ – динамічний коефіцієнт вібровязкості суміші; ρ – осереднена по товщині рухомого шару h питома маса суміші; g – прискорення вільного падіння; θ – кут нахилу решета до горизонту; y – поперечна координата, перпендикулярна площині решета; u_0 – швидкість ковзання суміші по поверхні решета; $u(y)$ – швидкість течії зерноsumіші в напрямі вісі Ox (рис.1).

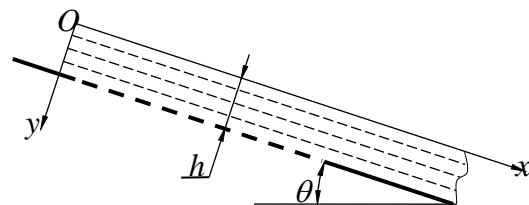


Рис.1. Розрахункова схема руху шару зерноsumіші на плоскому віброрешеті

Із виразів (1) витікає, що:

$$\tau = -\rho g \sin \theta \cdot y. \quad (2)$$

Далі записано в (1) лінійну залежність τ від $\frac{du}{dy}$ змінюємо на степеневу:

$$\tau = \left[\mu \left| \frac{du}{dy} \right|^{1/\alpha} + f \cdot p(y) \right] \text{sign} \left(\frac{du}{dy} \right). \quad (3)$$

Тут α, f – реологічні сталі; $p(y)$ – внутрішній надлишковий тиск у суміші.

При $\alpha = 1, f = 0$ залежність (3) переходить у формулу Ньютона, а при $\alpha = 1/2$ відповідає спрощеній квадратичній залежності Севіджа [8-10].

Прирівнявши праві частини виразів (2) і (3), з урахуванням того, що [3, 4]:

$$\frac{du}{dy} \leq 0; \quad p(y) = \rho g \cos \theta \cdot y,$$

одержуємо нелінійне диференціальне рівняння руху:

$$\mu \left| \frac{du}{dy} \right|^{1/\alpha} = \rho g (\sin \theta - f \cos \theta) \cdot y. \quad (4)$$

Воно має чинність для тих f , коли $\sin \theta - f \cos \theta > 0$, у супротивному випадку треба покласти $f = 0$.

Елементарним перетворенням рівнянню (4) надаємо вигляд:

$$\frac{du}{dy} = - \left[\frac{\rho g}{\mu} (\sin \theta - f \cos \theta) y \right]^\alpha.$$

Його інтегруємо при крайовій умові $u(h) = u_0$. У підсумку отримаємо наступний розподіл швидкості потоку по товщині рухомого шару:

$$u(y) = \left[\frac{\rho g}{\mu} (\sin \theta - f \cos \theta) \right]^\alpha \frac{h^{\alpha+1} - y^{\alpha+1}}{\alpha+1} + u_0. \quad (5)$$

При $\alpha = 1, f = 0$ цей розподіл переходить у той, що записано в (1) для лінійної задачі руху.

Якщо не враховувати ковзання суміші по поверхні решета, то в (5) слід покласти $u_0 = 0$. При урахуванні ковзання, u_0 можна обчислити за формулою:

$$u_0 = \frac{1}{\lambda_1} \rho g h \sin \theta - \frac{\lambda_2}{\lambda_1}.$$

Коефіцієнти λ_1, λ_2 залежать від технічного стану поверхні решета та фізико-механічних характеристик вібророзрідженої суміші. Формули для їх обчислення є в [3, 4] і тут виписувати їх не будемо.

Використовуючи (5), легко знайти середню швидкість потоку суміші $u_{\text{ср}}$ та об'ємну продуктивність віброрешета Q , бо:

$$u_{\text{ср}} = \frac{1}{h} \int_0^h u(y) dy = \left[\frac{\rho g}{\mu} (\sin \theta - f \cos \theta) \right]^\alpha \frac{h^{\alpha+1}}{\alpha+2} + u_0; \quad (6)$$

$$Q = h u_{\text{ср}}.$$

Тут H – ширина робочої (перфорованої) поверхні решета.

Отже, обчислення основних кінематичних характеристик потоку зводиться до простих розрахункових формул.

Розглянемо дані способи, як за результатами експериментального вимірювання цих характеристик можна потім обчислити феноменологічні сталі α, μ, f .

Припустимо, що кут нахилу решета θ невеликий і можна прийняти $u_0 = 0$. Нехай при куті нахилу решета $\theta = \theta_1$ товщина рухомого шару суміші становить $h = h_1$, а швидкість руху суміші на вільній поверхні та об'ємна продуктивність решета відповідно дорівнюють u_1 і Q_1 . Тоді із формул (5), (6) випливає, що:

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{Q_1}{H h_1 u_1}} - 2. \quad (7)$$

Далі треба змінити кут нахилу решета на θ_2 і заміряти заново товщину рухомого шару і швидкість руху суміші на вільній поверхні, які позначимо відповідно через h_2 і u_2 . Використовуючи результати вимірювань і вираз (5), складемо систему двох алгебраїчних рівнянь:

$$\frac{1}{\mu} \sin \theta_1 - \frac{f}{\mu} \cos \theta_1 = \frac{1}{\rho g h_1} \left[\frac{(\alpha+1) u_1}{h_1} \right]^{1/\alpha};$$

$$\frac{1}{\mu} \sin \theta_2 - \frac{f}{\mu} \cos \theta_2 = \frac{1}{\rho g h_2} \left[\frac{(\alpha+1) u_2}{h_2} \right]^{1/\alpha}.$$

Із неї знаходимо невідомі μ і f :

$$\mu = \frac{\rho g \sin(\theta_2 - \theta_1)}{\left[\frac{(\alpha+1) u_2}{h_2^{\alpha+1}} \right]^{1/\alpha} \cos \theta_1 - \left[\frac{(\alpha+1) u_1}{h_1^{\alpha+1}} \right]^{1/\alpha} \cos \theta_2}; \quad (8)$$

$$f = \frac{\left[\frac{(\alpha+1) u_1}{h_1^{\alpha+1}} \right]^{1/\alpha} \sin \theta_2 - \left[\frac{(\alpha+1) u_2}{h_2^{\alpha+1}} \right]^{1/\alpha} \sin \theta_1}{\left[\frac{(\alpha+1) u_1}{h_1^{\alpha+1}} \right]^{1/\alpha} \cos \theta_2 - \left[\frac{(\alpha+1) u_2}{h_2^{\alpha+1}} \right]^{1/\alpha} \cos \theta_1}.$$

Якщо замість максимальної швидкості потоку u_2 зручніше виміряти об'ємну продуктивність решета Q_2 , то у відповідності з (6), одержимо:

$$\frac{1}{\mu} \sin \theta_1 - \frac{f}{\mu} \cos \theta_1 = \frac{1}{\rho g} \left[\frac{(\alpha+2) Q_1}{H h_1^{\alpha+2}} \right]^{1/\alpha};$$

$$\frac{1}{\mu} \sin \theta_2 - \frac{f}{\mu} \cos \theta_2 = \frac{1}{\rho g} \left[\frac{(\alpha+2) Q_2}{H h_2^{\alpha+2}} \right]^{1/\alpha}.$$

Тоді:

$$\mu = \frac{\rho g \sin(\theta_2 - \theta_1)}{\left[\frac{(\alpha+2) Q_2}{H h_2^{\alpha+2}} \right]^{1/\alpha} \cos \theta_1 - \left[\frac{(\alpha+2) Q_1}{H h_1^{\alpha+2}} \right]^{1/\alpha} \cos \theta_2};$$

$$f = \frac{\left[\frac{(\alpha+2) Q_2}{H h_2^{\alpha+2}} \right]^{1/\alpha} \sin \theta_1 - \left[\frac{(\alpha+2) Q_1}{H h_1^{\alpha+2}} \right]^{1/\alpha} \sin \theta_2}{\left[\frac{(\alpha+2) Q_2}{H h_2^{\alpha+2}} \right]^{1/\alpha} \cos \theta_1 - \left[\frac{(\alpha+2) Q_1}{H h_1^{\alpha+2}} \right]^{1/\alpha} \cos \theta_2}.$$

Таким чином, проводячи ідентифікацію реологічних сталей, треба спочатку по формулі (7) обчислити α , а потім використовуючи (8) або (9), знайти μ, f .

Результати розрахунків. 3 метою

з'ясування впливу товщини рухомого шару та феноменологічних сталих на максимальну швидкість руху суміші й об'ємну продуктивність решета, проведемо обчислення $u(0)$, по формулі (5), та Q , по формулі (6),

при $u_0 = 0$; $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$; $\theta_0 = 6^\circ$ і різних h, α, μ, f . Результати обчислень наведені в табл.1 і табл. 2.

Табл. 1

| α | $\mu, \text{ Па} \cdot \text{с}^{1/\alpha}$ | f | $h = 0,008 \text{ м}$ | $h = 0,010 \text{ м}$ | $h = 0,012 \text{ м}$ |
|----------|---|------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | Значення $10u(0), \text{ м/с}$ | | |
| 0,5 | 0,0050 | 0,01 | 1,78 | 2,49 | 3,27 |
| 0,5 | 0,0050 | 0,05 | 1,35 | 1,89 | 2,49 |
| 0,5 | 0,0100 | 0,01 | 1,26 | 1,76 | 2,31 |
| 0,5 | 0,0100 | 0,05 | 0,96 | 1,34 | 1,76 |
| 0,7 | 0,0227 | 0,01 | 2,21 | 3,24 | 4,41 |
| 0,7 | 0,0227 | 0,05 | 1,51 | 2,21 | 3,01 |
| 0,7 | 0,0373 | 0,01 | 1,56 | 2,29 | 3,12 |
| 0,7 | 0,0373 | 0,05 | 1,07 | 1,56 | 2,13 |
| 1,0 | 0,0707 | 0,01 | 3,15 | 4,92 | 7,09 |
| 1,0 | 0,0707 | 0,05 | 1,82 | 2,85 | 4,11 |
| 1,0 | 0,1000 | 0,01 | 2,23 | 3,48 | 5,01 |
| 1,0 | 0,1000 | 0,05 | 1,29 | 2,02 | 2,90 |

Значення $u_0 = 0$, обчислені за (5)

Табл. 2

| α | $\mu, \text{ Па} \cdot \text{с}^{1/\alpha}$ | f | $h = 0,008 \text{ м}$ | $h = 0,010 \text{ м}$ | $h = 0,012 \text{ м}$ |
|----------|---|------|---|-----------------------|-----------------------|
| | | | Значення $10^3 Q/H, \text{ м}^2/\text{с}$ | | |
| 0,5 | 0,0050 | 0,01 | 0,854 | 1,492 | 2,354 |
| 0,5 | 0,0050 | 0,05 | 0,650 | 1,136 | 1,792 |
| 0,5 | 0,0100 | 0,01 | 0,604 | 1,055 | 1,665 |
| 0,5 | 0,0100 | 0,05 | 0,460 | 0,803 | 1,267 |
| 0,7 | 0,0227 | 0,01 | 1,116 | 2,038 | 3,334 |
| 0,7 | 0,0227 | 0,05 | 0,761 | 1,391 | 2,276 |
| 0,7 | 0,0373 | 0,01 | 0,788 | 1,440 | 2,355 |
| 0,7 | 0,0373 | 0,05 | 0,538 | 0,982 | 1,607 |
| 1,0 | 0,0707 | 0,01 | 1,680 | 3,281 | 5,670 |
| 1,0 | 0,0707 | 0,05 | 0,973 | 1,901 | 3,285 |
| 1,0 | 0,1000 | 0,01 | 1,188 | 2,320 | 4,008 |
| 1,0 | 0,1000 | 0,05 | 0,688 | 1,344 | 2,322 |

Значення Q , обчислені за (6)

Згідно з (5), (6), $u(0)$ і Q пропорційні $\mu^{-\alpha}$. Тому для їх обчислень при різних α задавали і різні μ , виходячи з умови, щоб $\mu^\alpha \approx \text{const}$. Якщо задавати одне значення μ при різних α , то розраховані кінематичні характеристики можуть відрізнятись на порядок і бути далекими від практики. Це свідчення того, що α і μ суттєво впливають на теоретичні значення швидкості руху суміші й об'ємної продуктивності решета. Названі кінематичні характеристики потоку зерна також суттєво залежить і від коефіцієнта залишкового сухого тертя f .

Щоб перевірити вірогідність формул (7), (8), (9), прийняли для розрахунків: $u_0 = 0$;

$\rho = 750 \text{ кг/м}^3$; $\theta_1 = 6^\circ$; $h_1 = 0,01 \text{ м}$;
 $u_1 = 0,156 \text{ м/с}$; $Q_1/H = 0,982 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$;
 $\theta_2 = 8^\circ$; $h_2 = 0,01 \text{ м}$; $u_2 = 0,22 \text{ м/с}$;
 $Q_2/H = 1,387 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$. Для цих чисел по формулі (7) знаходимо, що $\alpha \approx 0,699 \approx 0,7$. Підставивши далі записані h_1, h_2, u_1, u_2 і $\alpha = 0,7$ в формули (8), одержуємо: $\mu \approx 0,0374 \text{ Па} \cdot \text{с}^{1/\alpha}$; $f = 0,0498$. Ці значення μ і f близькі до тих, що використали для одержання $u(0) = 1,156 \text{ м/с}$ в табл. 1. Підстановка вказаних вище $h_1, h_2, Q_1/H, Q_2/H$ в формули (9), при $\alpha = 0,7$, дає: $\mu \approx 0,0372 \text{ Па} \cdot \text{с}^{1/\alpha}$; $f \approx 0,0501$, що теж

близьке до значень сталих, які використовували для одержання $Q/H = 0,982 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$ в табл. 2. Отже, вірогідність формул (7), (8), (9) не викликає сумнівів і їх можна застосувати для ідентифікації реологічних констант.

Висновки

1. Використання в математичній моделі руху узагальненої степеневі реологічної залежності призводить до простих формул для обчислень основних кінематичних

характеристик потоку зерноsumіші по нахиленому плоскому віброрешету.

2. Розрахункові характеристики потоку суттєво залежить не тільки від товщини рухомого шару суміші, а і від значень реологічних сталих.

3. Константи реологічної залежності можна визначати опосередковано за результатами вимірювання або швидкості потоку на вільній поверхні суміші або об'ємної продуктивності решета.

Література

1. Тищенко Л.Н. Интенсификация сепарирования зерна / Л.Н. Тищенко, – Харьков: Основа, 2004. – 224 с.
2. Тищенко Л.Н. Моделирование процессов зерновых сепараторов / Л.Н.Тищенко, Д.И.Мазоренко, М.В.Пивень и др. – Харьков: Міськдрук, 2010. – 360 с.
3. Тищенко Л.Н. Гидродинамика сепарирования зерна / Л.Н.Тищенко, В.П.Ольшанський, С.В.Ольшанський. – Харьков: Міськдрук, 2010 – 174 с.
4. Тищенко Л.Н. Виброрешетная сепарация зерновых смесей / Л.Н.Тищенко, В.П.Ольшанський, С.В.Ольшанський. – Харьков: Міськдрук, 2011 – 280 с.
5. Тищенко Л.Н. Колебания зерновых потоков на виброрешетах / Л.Н.Тищенко, В.П.Ольшанський, С.В.Ольшанський. – Харьков: Міськдрук, 2012 – 267 с.
6. Тищенко Л.Н. Динамика виброцентробежной зерноочистки / Л.Н.Тищенко, В.П.Ольшанський, С.В.Ольшанський и др. – Харьков: Міськдрук, 2013 – 440 с.
7. Bagnold R.A. Experiments on a gravity Free Dispersion of large Solid Spheres in a Newtonian Fluid under shear / R.A. Bagnold // Proc Roy. Soc. – London, 1954. – P. 49-63.
8. Savage S., Jeffrey D/ The stress tensor in a granular flow of high shear rates // Journal Fluid Mech, 1981. V. 110 – P. 255-272.
9. Savage S. Granular Flows down rough Inclines. – Review and Extension // Mechanics of granular Materials, Elsevier Science

- Publishers, Amsterdam, 1983. – P. 261–282.
10. Сэвидж С. Гравитационное течение несвязанных гранулированных материалов. В кн. Механика гранулированных средств: теория быстрых движений / С. Сэвидж. – М.: Мир, 1985. – С. 86–146.
11. Долгунин В.Н. Быстрые гравитационные течения зернистых материалов: техника измерения, закономерности, технологическое применение / В.Н.Долгунин, В.Я.Боршев. – М.: Машиностроение, 2015 – 73 с.
12. Шваб А.В. Модель движения высококонцентрированной гранулированной среды / А.В.Шваб, М.С.Марценко // Вестник Томского государственного университета, 2011. – №3(15). – С. 110-116.
13. Тищенко Л.Н. Способ повышения эффективности пневмосепарирования смесей в пневмосепарирующих устройствах / Л.Н.Тищенко, С.А.Харченко, Ю.П.Борщ и др. // Вісник ХНТУСГ: Механізація сільськогосподарського виробництва, 2014. – Вип. 148. – С.150-158.
14. Тищенко Л.М. Квадратично-нелінійна модель руху зернової суміші на плоскому віброрешеті / Л.М.Тищенко, В.П.Ольшанський, С.В.Ольшанський // Физические и компьютерные технологии. Труды 21 Международной научно-практической конференции. – Днепропетровск: Лира, 2015. – С. 204-209.

References

1. Tishchenko L.N. The intensification of separation of grain [Yntensyfikatsyya sepyrovanyya grain] / L.N. Tishchenko - Kharkiv: Basis, 2004. - 224 p.
2. Tishchenko L.N. Modelling of processes of grain separators [Modeling processes grain separators] / L.N.Tyschenko, D.Y.Mazorenko, M.V.Pyven and others. - Kharkiv: Miskdruk, 2010. - 360 p.
3. Tishchenko L.N. Hydrodynamics separation grain [Fluid dynamics sepyrovanyya grain] / L.N.Tyschenko, V.P.Olshanskyy, S.V.Olshanskyy. - Kharkiv: Miskdruk, 2010 - 174 p.
4. Tishchenko L.N. Vibroreshetnaya separation of grain mixes [Vybroreshetnaya separatsyya cereal mixture] / L.N.Tyschenko, V.P.Olshanskyy, S.V.Olshanskyy. - Kharkiv: Miskdruk, 2011 - 280 p.
5. Tishchenko L.N. Fluctuations in grain flows on vibroreshetah [Fluctuations in grain flows vybroreshetah] / L.N.Tyschenko, V.P.Olshanskyy, S.V.Olshanskyy. - Kharkiv: Miskdruk, 2012 - 267 p.
6. Tishchenko L.N. Dynamics vibrocentrifugal grain cleaning [Dynamics vybrotsentrobezhnoy zernoochystky] / L.N.Tyschenko, V.P.Olshanskyy, S.V.Olshanskyy and others. - Kharkiv: Miskdruk, 2013 - 440 p.
7. Bagnold R.A. Experiments on a gravity Free Dispersion of large Solid Spheres in a Newtonian Fluid under shear / R.A. Bagnold // Proc Roy. Soc. – London, 1954. – P. 49-63.
8. Savage S., Jeffrey D/ The stress tensor in a granular flow of high shear rates // Journal Fluid Mech, 1981. V. 110 – P. 255-272.
9. Savage S. Granular Flows down rough Inclines. – Review and

- Extension // Mechanics of granular Materials, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1983. – P. 261–282.
10. Savage S. Hravytatsyonnoe techenye nesvyazannykh [Gravitational for unbound granular materials]. Proc. The mechanics of granular funds theory of rapid motions / S.Savage. - M. : Mir, 1985. - S. 86-146.
11. Dolgunin V.N. Speed hravytatsyonnye techenyya granular materials [Quick gravitational flow of granular materials]: Measuring equipment, patterns, technological application / V.N.Dolgunin, V.Ya.Borshev. - M. : Mechanical Engineering, 2015 - 73.
12. Schwab A.V. Model Motion vysokokontsentryrovannoy hranulyrovannoy environment [Model motion visokokontsentryrovannoy granular medium] / A.V.Shvab, M.S.Martsenko // Bulletin of the Tomsk State University, 2011. - №3 (15). - S. 110-116.
13. Tishchenko L.N. Method Increase of the effectiveness pnevmosepyrovanyya mixture in pnevmosepyruyuschyh Devices [A method for increasing the efficiency of pnevmoseparirovaniya mixtures pnevmoseparating devices] / L.N.Tischenko, S.A.Harchenko, Yu.P.Borsch etc. // News HNTUSG: Mehanizatsiya silskogospodarskogo virobnitstva, 2014 - Vip.. 148. - S.150-158.
14. Tishchenko L.M. Quadratic nonlinear model movement grain mixture on a flat vibroresheti [Square-neliniyna model Ruhu zernovoi sumishi on flat vibroresheti] / L.M.Tishchenko, V.P.Olshansky, S.V.Olshansky // Physical and computer technology. 21 Proceedings of the International scientific-practical conference. - Dnepropetrovsk: Lear, 2015. - P. 204-209.

Аннотация

КОНТИНУАЛЬНАЯ ТРЕХПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНОСМЕСИ ПО ПЛОСКОМУ ВИБРОРЕШЕТУ

Ольшанский В.П., Бурлака В.В.

Составлено и проинтегрировано аналитически нелинейное дифференциальное уравнение установившегося движения слоя сепарированной зерносмеси по плоскому виброрешету наклоненному к горизонту. Использовано степенную реологическую зависимость касательного напряжения в смеси от скорости деформаций сдвига. Дополнительно также учтено наличие в виброоживленной смеси остаточного сухого трения. По результатам вычислений проанализировано влияние на скорость потока и объемную производительность решета толщины движущегося слоя смеси и трех констант в реологической зависимости. Рассмотрен вопрос идентификации реологических констант после измерений кинематических параметров потока сепарируемого материала.

Ключевые слова: *скорость движения, установившийся поток зерносмеси, плоское наклоненное виброрешето, степенная реологическая зависимость, остаточное сухое трение.*

Abstract

THREE-PARAMETER CONTINUUM MODEL OF GRAIN MIXTURE MOTION ON A FLAT VIBROSIEVE

Olshanskyy V.P., Burlaka V.V.

A nonlinear differential equation of the steady-state motion of layer separated grain mixture on a flat vibrosieve inclined to the horizon are compiled and integrated analytically. A power rheological dependence of shear stress in the mixture from the speed of shear deformations is used. In addition, also take into account the presence in the residual mixture vibrofluidized dry friction. According to the results of calculations the influence on the flow velocity and volumetric capacity of the sieve, the thickness of the moving layer of the mixture and three constants in rheological dependences are analyzes. The question of identification of rheological constants after measurement of the kinematic parameters separated material flow are considered.

Keywords: *velocity, steady-state flow of grain mixture, flat inclined vibrosieve, power rheological dependence, the residual dry friction.*

