

11. Loitsiansky L.G. Mechanics of fluid and gas [Fluid Mechanics]. / L.G. Loitsiansky - M.: Nauka, 1978.- 727 p.
12. Krylov V.I. High society Vychyslytelnye methods of

mathematics [Computational methods of higher mathematics]. / IN AND. Krylov, V.V. Bobkov, P.I. Monastyryni - Minsk Vysheyshaya School, 1975- Vol.2. - 1975. - 671 p.

Аннотация

ДИНАМИКА ДВУХФАЗНОЙ СРЕДЫ НА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Тищенко Л.Н., Слипченко М.В.

С целью повышения эффективности очистки зерновых смесей от легких примесей разработано новое пневмосепарирующее устройство. Для получения оптимальных технико-конструктивных параметров устройства необходимо создать математическую модель движения зерновой смеси. В статье получена математическая модель динамики двухфазной среды: зерновая смесь - воздушный поток. Данная модель позволяет исследовать двухфазную псевдожидкую среду и установить изменение объемной плотности зерновой смеси по толщине слоя в зависимости от конструктивно-технологических параметров пневмосепарирующего устройства виброцентробежных сепараторов.

Ключевые слова - зерновая смесь, воздушный поток, пневмосепарирующее устройство, объемная плотность зерна, динамика двухфазной среды.

Abstract

DYNAMICS OF TWO-PHASE MEDIUM ON AIR PERMEABLE SURFACE OF PNEUMO SEPARATING DEVICE

Tishchenko L.N., Slipchenko M.V.

In order to increase the efficiency of cleaning of grain mixes from light impurities a new pneumoseparating device is developed. To obtain optimal technical and design parameters of the device is necessary to create a mathematical model of grain mixture motion. In article a mathematical model of the two-phase medium: grain mix - air flow are received. The model allows us to investigate pseudofluidised two-phase medium and set the change of grain mixture density of the layer thickness depending on the structural and technological parameters pneumoseparating vibrocentrifugal separator device.

Keywords - grain mixture, airflow, pneumoseparating device, grain mixture density, two-phase medium dynamic.



УДК 631.362:532

ТАБЛИЧНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРИСТОСТІ В ШАРІ ЗЕРНОСУМІШІ НА ПЛОСКОМУ ВІБРОРЕШЕТІ

Ольшанський В.П., д. ф.-м. н., проф.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

Ольшанський О.В., к. е. н., доц.

(Харківський державний університет харчування та торгівлі)

Комп'ютерним інтегруванням нелінійного диференціального рівняння другого порядку складена таблиця для обчислення пористості в шарі зерноsumіші при її рівномірному русі по плоскому віброрешеті, нахиленому до горизонту. Порівняння одержаних розподілів пористості з відомими в літературі підтвердило високу точність і універсальність запропонованого способу розрахунку. Проілюстрована також можливість застосування складеної таблиці до розв'язання оберненої задачі, а саме до ідентифікації коефіцієнта вихідного диференціального рівняння за даними експериментального вимірювання пористості в двох точках шару зерноsumіші, рівновіддалених від її вільної поверхні.

Ключові слова: *плоске віброрешето, пористість шару зерноsumіші, таблицний спосіб, нелінійне диференціальне рівняння; ідентифікація коефіцієнта рівняння.*

Вступ. При моделюванні потоків сепарованих зерноsumішей по нахиленому плоскому віброрешеті набули поширення теорії, в яких врахована зміна концентрації зерновок по товщині рухомого шару сипкого матеріалу [1-4]. Для розрахунку зміни концентрації, що характеризує неоднорідність

sumіші в полі коливань і гравітації, в названих роботах проводили числове комп'ютерне інтегрування спеціально складеного нелінійного диференціального рівняння. Потім одержані числові результати підставляли у диференціальне рівняння потоку суміші і проводили обчислення швидкості руху

сипкого матеріалу та продуктивності віброрешета. У такий спосіб узагальнювали відомі гідродинамічні континуальні моделі зернопотоків по поверхнях віброрешіт [5, 6, 7]. На необхідність урахування пористості, при гравітаційному русі сипких матеріалів по нахиленій площині, наголошується також в роботах [8, 9, 10]. Виходячи з цього, тут на відміну від названих робіт, пропонується інший спосіб розрахунку концентрації зерновок (пористості) по товщині шару зерноsumіші, з використанням спеціально складеної таблиці.

Метою роботи є розробка та апробація нового табличного способу розрахунку пористості в шарі зерноsumіші при її рівномірному русі по плоскому нахиленому віброрешету під час сепарування.

Викладення основного матеріалу. Дотримуючись робіт [2, 3], концентрацію зерновок $v = v(y)$ по товщині шару суміші (координаті oy , див. рис. 1) описуємо диференціальним рівнянням:

$$\frac{d}{dy} \left(\alpha \cdot \psi \left(\frac{dv}{dy} \right)^2 \right) - \gamma g \cos \theta v = 0. \quad (1)$$

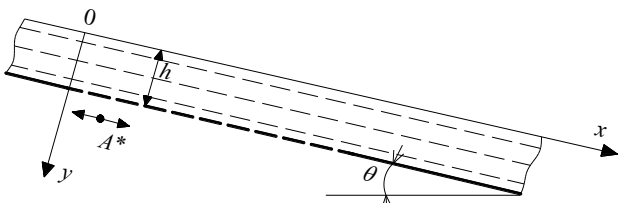


Рис. 1. Розрахункова схема руху шару зернової суміші на плоскому віброрешеті

У ньому α – феноменологічний коефіцієнт, що визначається експериментально; ψ – множник, який залежить від параметрів коливань решета, наявності на поверхні решета ребер, рифлів та ін., а також від коефіцієнта внутрішнього сухого тертя в суміші; γ – питома маса матеріалу зернини; g – прискорення вільного падіння; θ – кут нахилу решета до горизонту.

Як і в роботах [2, 3], початковими умовами до (1) приймаємо:

$$v(0) = v_0; \quad \left. \frac{dv}{dy} \right|_{y=0} = 0. \quad (2)$$

Елементарним перетворенням рівнянню (1) надаємо форму:

$$\frac{d^2 v}{dy^2} \cdot \frac{dv}{dy} = \beta y, \quad (3)$$

$$\text{де } \beta = \frac{\gamma g \cos \theta}{2\alpha\psi}.$$

Далі уведенням нових безрозмірних змінних: $\zeta = \frac{v}{v_0}$; $\eta = \sqrt[3]{\frac{\beta}{v_0}} y$, замість (2), (3), одержуємо наступну задачу Коші:

$$\frac{d^2 \zeta}{d\eta^2} = \frac{\zeta}{d\eta}, \quad (4)$$

$$\zeta(0) = 1; \quad \left. \frac{d\zeta}{d\eta} \right|_{\eta=0} = 0.$$

Розв'язок цієї задачі будемо числовим комп'ютерним інтегруванням. Для того, щоб уникнути поділу на нуль, дещо спрощуємо другу початкову умову в (4), а саме, позбавляючись сингулярності наближено, приймаємо:

$$\left. \frac{d\zeta}{d\eta} \right|_{\eta=0} = 0,001.$$

Одержаний наближений розв'язок подаємо у вигляді табл. 1.

Перевіримо, як будуть узгоджуватись значення v і $\varepsilon = 1 - v$, одержані за допомогою табл. 1, з відомими результатами. Для цього використаємо рис. 2, запозичений з [2, гл. 2, рис. 2.6].

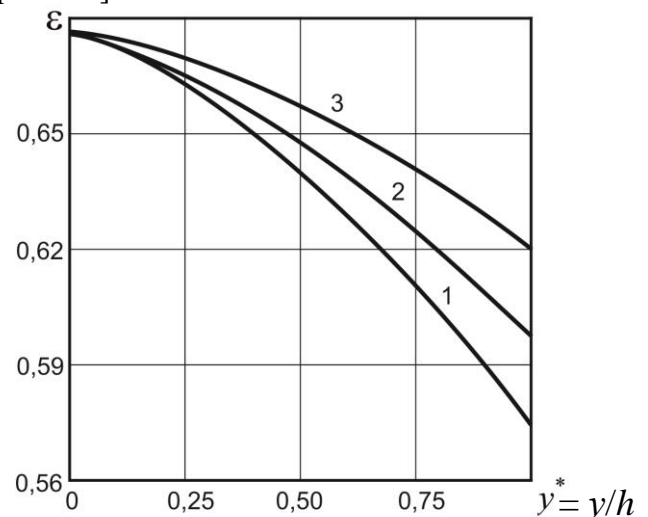


Рис. 2. Залежності ε від y^* , запозичені з [2]

Значення ζ при різних η

η	ζ	η	ζ	η	ζ	η	ζ
0,01	1,001	0,26	1,127	0,51	1,356	0,76	1,664
0,02	1,003	0,27	1,134	0,52	1,366	0,77	1,678
0,03	1,005	0,28	1,142	0,53	1,377	0,78	1,692
0,04	1,008	0,29	1,150	0,54	1,389	0,79	1,706
0,05	1,011	0,30	1,158	0,55	1,400	0,80	1,720
0,06	1,014	0,31	1,166	0,56	1,411	0,81	1,735
0,07	1,018	0,32	1,174	0,57	1,423	0,82	1,749
0,08	1,022	0,33	1,182	0,58	1,434	0,83	1,764
0,09	1,026	0,34	1,191	0,59	1,446	0,84	1,778
0,10	1,030	0,35	1,199	0,60	1,458	0,85	1,793
0,11	1,035	0,36	1,208	0,61	1,470	0,86	1,808
0,12	1,040	0,37	1,217	0,62	1,482	0,87	1,823
0,13	1,045	0,38	1,226	0,63	1,494	0,88	1,839
0,14	1,050	0,39	1,235	0,64	1,506	0,89	1,854
0,15	1,055	0,40	1,245	0,65	1,519	0,90	1,869
0,16	1,061	0,41	1,254	0,66	1,531	0,91	1,885
0,17	1,067	0,42	1,264	0,67	1,544	0,92	1,901
0,18	1,073	0,43	1,273	0,68	1,557	0,93	1,917
0,19	1,079	0,44	1,283	0,69	1,570	0,94	1,932
0,20	1,085	0,45	1,293	0,70	1,583	0,95	1,948
0,21	1,092	0,46	1,303	0,71	1,596	0,96	1,965
0,22	1,099	0,47	1,313	0,72	1,609	0,97	1,981
0,23	1,105	0,48	1,324	0,73	1,623	0,98	1,997
0,24	1,113	0,49	1,334	0,74	1,636	0,99	2,014
0,25	1,120	0,50	1,345	0,75	1,650	1,00	2,031

Тут на графіку, позначеному цифрою 1, маємо: $v_0 = 1 - \varepsilon(0) = 0,325$; $v(1) = 1 - \varepsilon(1) = 0,425$. Відношення $\zeta = \zeta^* = 0,425/0,325 = 1,308$ має місце в табл. 1 при $\eta = \eta^* = 0,465$, що відповідає $y^* = 1$. Для нього: $v = 1,308 \cdot 0,325 \approx 0,425$; $\varepsilon = 1 - 0,425 = 0,575$. Користуючись табл. 1, методом інтерполяції, при $\eta = 0,25 \cdot \eta^* = 0,116$

(або $y^* = 0,25$), знаходимо: $\zeta = 1,038$; $v = 1,038 \cdot 0,325 = 0,337$; $\varepsilon = 1 - 0,337 = 0,663$. Таким же чином, при $\eta = 0,5\eta^* = 0,233$ (або $y^* = 0,5$) одержуємо: $\zeta = 1,107$; $v = 1,107 \cdot 0,325 = 0,360$; $\varepsilon = 1 - 0,360 = 0,640$. Ці, та результати розрахунків при інших η , заносимо в табл. 2.

Таблиця 2

Значення ε для порівняння з графіком 1 на рис. 2

y^*	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
η	0,00	0,116	0,233	0,349	0,465
v	0,325	0,337	0,360	0,389	0,425
ε	0,675	0,663	0,640	0,611	0,575

Записані тут значення ε майже не відхиляються від графіка 1 на рис. 2. Звернемося далі до графіка 2 на рис. 2. На ньому: $v_0 = 0,325$; $v(1) = 0,404$. Відношення $\zeta = \zeta^* = 0,404/0,325 = 1,243$ має місце в табл. 1 при $\eta = \eta^* \approx 0,40$. Отже, при $y^* = 1$: $v = 1,243 \cdot 0,325 = 0,404$; $\varepsilon = 0,596$. За

даними табл. 1, при $\eta = 0,25 \cdot \eta^* = 0,10$ (або $y^* = 0,25$): $\zeta = 1,03$; $v = 1,03 \cdot 0,325 = 0,335$; $\varepsilon = 1 - 0,335 = 0,665$. Аналогічно, при $\eta = 0,5\eta^* = 0,20$ (або $y^* = 0,5$): $\zeta = 1,085$; $v = 1,085 \cdot 0,325 = 0,353$; $\varepsilon = 1 - 0,353 = 0,647$. Ці, та результати подальших розрахунків, заносимо в табл. 3.

Значення ε для порівняння з графіком 2 на рис. 2

y^*	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
η	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40
v	0,325	0,335	0,353	0,376	0,404
ε	0,675	0,665	0,647	0,624	0,596

І в табл. 3 записані ε добре узгоджуються з графіком 2 на рис. 2.

Таким чином, використання табл. 1 дає можливість оперативно обчислити пористість ε влюбій точці шару зерноsumіші.

Але для проведення розрахунків потрібно знати значення коефіцієнта β у диференціальному рівнянні (3). Тому зупинимось на його ідентифікації. Нехай при товщині рухомого шару h концентрація зернівок на вільній поверхні дорівнює v_0 , а на поверхні решета – v_h . Тоді $\zeta^* = v_h / v_0$, і в табл. 1 йому відповідає $\eta = \eta^*$. Отже, згідно вище введених позначень:

$$\eta^* = \sqrt[3]{\frac{\beta}{v_0}} h.$$

Звідки
$$\beta = v_0 \left(\frac{\eta^*}{h} \right)^3.$$

Знаючи β , можна потім обчислити реологічну сталу α , бо:

$$\alpha = \frac{\gamma g \cos \theta}{2\beta\psi}.$$

Як приклад, обчислимо β , коли графіку 1 на рис. 2 відповідає $h = 0,007$ м. Для цієї товщини шару, враховуючи числові результати, одержані при складанні таблиці 2, знаходимо:

$$\beta = 0,325 \cdot \left(\frac{0,465}{0,007} \right)^3 = 95268,23 \text{ м}^{-3}.$$

Таким чином, табл. 1 можна використовувати і для ідентифікації коефіцієнта вихідного диференціального рівняння (3).

Висновки. Дослідження показало, що табличний спосіб розрахунку пористості в шарі зерноsumіші на плоскому віброрешеті зручний у використанні, досить універсальний і забезпечує високу точність розрахунку. Він може бути альтернативою числовому комп'ютерному інтегруванню нелінійного диференціального рівняння (1), що проводили в других роботах.

Література

1. Тищенко Л.Н. К исследованию движения зерновой смеси на решете под действием вибраций / Л.Н.Тищенко, М.В.Пивень // Науковий вісник НАУ. – Київ: НАУ, 2002. – Вип. 49. – С. 329-336.
2. Пивень М.В. Обоснование параметров процесса решетного сепарирования зерновых смесей: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / М.В.Пивень. – Харьков: ХНТУСГ им. П. Василенко, 2006. – 260 с.
3. Тищенко Л.Н. Исследование послойного движения зерновых смесей на плоских вибрационных решетках / Л.Н.Тищенко, А.В.Миняйло, М.В.Пивень, С.А.Харченко // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – Вип. 59. Т. 1. – С. 69-76.
4. Тищенко Л.Н. Экспериментальные исследования внутрислоевых процессов в плоскорешетных вибрационных сепараторах / Л.Н.Тищенко, М.В.Пивень // Вібрації в техніці та технологіях. – Вінниця, 2015. – № 4(80). – С. 206-211.
5. Тищенко Л.Н. Гидродинамика сепарирования зерна / Л.Н.Тищенко, В.П.Ольшанский, С.В.Ольшанский. – Харків: Міськдрук, 2010. – 174 с.

References

1. Tishchenko L.N. On the study of the movement of grain mixture on a sieve under the influence of vibration [K Motion Studies zernovoy mixture in sieve pod action vybratsyy] / L.N.Tyschenko, M.V.Pyven // Scientific bulletin NAU. - Kyiv: NAU, 2002. - Vol. 49. - P. 329-336.
2. Piven M.V. Justification process parameters sieve separation of grain mixes [Rationale process parameters reshetnoho

6. Тищенко Л.Н. Виброрешетная сепарация зерновых смесей / Л.Н.Тищенко, В.П.Ольшанский, С.В.Ольшанский. – Харків : Міськдрук, 2011. – 280 с.
7. Ольшанский В.П. К расчету движения зерновой смеси по плоскому вибрирующему решету / В.П.Ольшанский, С.И.Кучеренко, В.В.Бурлака // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 77. – С. 238-244.
8. Долгуниин В.Н. Быстрые гравитационные течения зернистых материалов: техника измерения, закономерности, технологическое применение / В.Н.Долгуниин, В.Я.Борщев. – М.: Машиностроение, 2005. – 73 с.
9. Savage S.B. The stress tensor in a granular flow at high shear rates / S.B.Savage, D.J.Jeffrey // Journal of Fluid Mech. – 1981. – Vol. 110. – P. 225-272.
10. Savage S.B. Granular flows down rough Inclines – Review and Extension / S.B.Savage // Mechanics of granular Materials, Elsevier Science Publishers. – Amsterdam, 1983. – P. 261-282.

- separirovaniya grain mixture]: Dis. ... Candidate. Sc. Sciences: 05.05.11 / M.V.Pyven. - Kharkiv: KNTUA them. P. Vasilenko, 2006. - 260 p.
3. Tishchenko L.N. Research layering movement of grain mixes on flat vibrating sieves [Study posloynoho movement grain mixture on flat vybratsyonnyh sieve] / L.N.Tyschenko, A.V.Mynaylo, M.V.Pyven, S.A.Harchenko // Mechanization of

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.