

РУХ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ В ЦИЛІНДРИЧНОМУ РЕШЕТІ, ЩО ОБЕРТАЄТЬСЯ НАВКОЛО ОСІ ВІДХИЛЕНОЇ ВІД ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ

Філіпенко Дмитро Вікторович викладач

Науменко Микола Миколайович к.т.н., доцент

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Filipenko D.

Naumenko M.

Dnipropetrovsk State Agrarian-Economic University

Анотація: наведено результати теоретичних досліджень руху зернової суміші в циліндричному решеті та виведені диференціальні рівняння, що описують рух зернини по циліндричному решеті.

Ключові слова: циліндричне решето; швидкість руху зерна; диференціальне рівняння, реакція опори, коефіцієнт тертя.

Дослідження руху зерна в циліндричному решеті, що обертається навколо осі симетрії є необхідним для обґрунтування його геометричних і кінематичних характеристик. Одним із найважливіших питань при дослідженні руху зерна в решеті під час очистки є визначення пропускної здатності самого решета.

В літературних джерелах, що стосуються аналізу взаємодії зернової суміші з поверхнею циліндричного решета, в якому вона знаходиться, єдиного підходу до розрахункової схеми «зерновий ворох – барабан» не виявлено. Зокрема зерновий ворох іноді представляється як «псевдорозріджене середовище» [1, 2], а іноді як сипучий матеріал [3, 4], для якого математична модель до аналізу його руху створюється на основі дослідження руху окремої частини зернової суміші. Застосування гідродинамічної теорії неможливе для випадків коли псевдорозріджене середовище не виникає, крім того викликають сумніви в точності моделей взаємодії зерна з решетом, в яких зерно навантажується відцентровою силою інерції, яка визначається кутовою швидкістю барабана.

Метою даної роботи є визначення швидкості сходу зерна при його очищенні в циліндричному решеті, яке обертається навколо осі.

Розглядається рух одного зерна (точка М на рис. 1) по циліндричній поверхні радіуса r в нерухомій системі координат x у z (рис.1), у якій площина x у – є дотичною до циліндра, а вісь x збігається з його твірною в її нижньому положенні.

При обертанні решета рух матеріальної точки М здійснюється під дією сил: P – сила ваги; F_1 – складова сили тертя вздовж твірної; F_2 – складова сили тертя, яка дотична до перерізу циліндра в точці М; N – нормальна реакція.

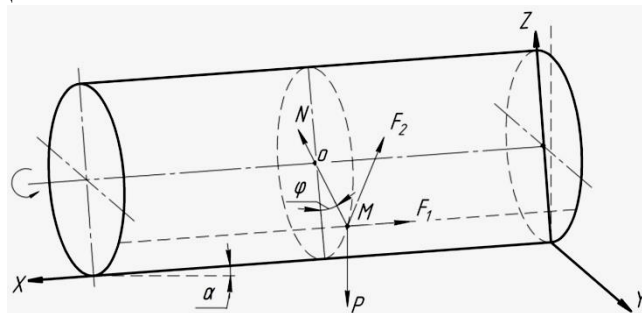


Рис. 1. Схема сил, що діють на матеріальну точку при обертанні решета

Диференціальні рівняння руху матеріальної точки М мають вигляд:

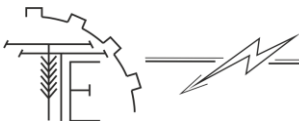
$$m\ddot{x} = P \sin \alpha_0 - F_1; \quad (1)$$

$$m\ddot{y} = F_2 \cos \varphi - N \sin \varphi; \quad (2)$$

$$m\ddot{z} = -P \cos \alpha_0 + F_2 \sin \varphi + N \cos \varphi, \quad (3)$$

де F_1 і F_2 – складові сили тертя (осьова і дотична відповідно)

Вважаючи, що сила тертя F_T пропорційна нормальній реакції, тобто $F_m = fN$, де f – коефіцієнт тертя і вважаючи що напрямок F_m протилежний швидкості, проекції сили тертя на координатній осі визначимо як:



$$F_x = fN \cos \alpha; \quad F_y = fN \cos \beta; \quad F_z = fN \cos \gamma, \quad (4)$$

де

$$\cos \alpha = -\frac{v_x}{v}; \quad \cos \beta = -\frac{v_y}{v}; \quad \cos \gamma = -\frac{v_z}{v}. \quad (5)$$

Тоді диференціальні рівняння руху точки будуть мати вигляд:

$$m\ddot{x}x = P \sin \alpha_0 - fN \cos \alpha \quad (6)$$

$$m\ddot{y}y = -fN \cos \beta - N \sin \varphi \quad (7)$$

$$m\ddot{z}z = -P \cos \alpha_0 - fN \cos \gamma + N \cos \varphi \quad (8)$$

Координати z і y можна виразити через кутову координату φ (рис.1.) як

$$y = r \sin \varphi \quad (9)$$

$$z = r - r \cos \varphi \quad (10)$$

де $r = OM$ – радіус решета.

Тоді

$$\dot{y} = r\dot{\varphi} \cos \varphi; \quad \ddot{y} = r\ddot{\varphi} \cos \varphi - r\omega^2 \sin \varphi; \quad (11)$$

$$\dot{z} = r\dot{\varphi} \sin \varphi; \quad \ddot{z} = r\ddot{\varphi} \sin \varphi + r\dot{\varphi}^2 \cos \varphi, \quad (12)$$

Враховуючи формули (11) і (12), замість диференціальних рівнянь (7) і (8) отримаємо

$$mr\ddot{\varphi} \cos \varphi - mr\dot{\varphi}^2 \sin \varphi = -fN \cos \beta - N \sin \varphi$$

$$mr\ddot{\varphi} \sin \varphi + mr\dot{\varphi}^2 \cos \varphi = -P \cos \alpha_0 - fN \cos \gamma + N \cos \varphi$$

тоді

$$mr\ddot{\varphi}(\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = -fN \cos \varphi \cos \beta - N \sin \varphi \cos \varphi - P \cos \alpha_0 \sin \varphi - fN \cos \gamma \sin \varphi + N \cos \varphi \sin \varphi$$

$$\text{або } mr\ddot{\varphi} = -fN(\cos \varphi \cos \beta + \cos \gamma \sin \varphi) - P \cos \alpha_0 \sin \varphi \quad (13)$$

Вирази (11) і (12) дають можливість записати формулу для направляючих косинусів як

$$\cos \alpha = \dot{x} / \sqrt{\dot{x}^2 + r^2 \cos^2 \varphi + r^2 \dot{\varphi}^2 \sin^2 \varphi} = \dot{x} / \sqrt{\dot{x}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2} \quad (14)$$

$$\cos \beta = r\dot{\varphi} \cos \varphi / \sqrt{\dot{x}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2}; \quad \cos \gamma = r\dot{\varphi} \sin \varphi / \sqrt{\dot{x}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2}.$$

Тоді замість (6) і (13) отримаємо

$$mr\ddot{\varphi} = -fN r\dot{\varphi} / \sqrt{\dot{x}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2} - P \sin \varphi \cos \alpha_0 \quad (15)$$

$$m\ddot{x} = P \sin \alpha_0 - fN \dot{x} / \sqrt{\dot{x}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2} \quad (16)$$

Нормальну реакцію N можна визначити використавши принцип Д'Ламбера, тобто:

$$N = F^{in} + P \cos \alpha_0 \cos \varphi, \text{ де } F^{in} = \frac{P}{g} \dot{\varphi}^2 r$$

$$\text{тобто } N = P (\dot{\varphi}^2 r / g + \cos \alpha_0 \cos \varphi)$$

Тоді диференціальні рівняння руху матеріальної точки по поверхні решета матимуть вигляд:

$$mr\ddot{\varphi} = -P \left[\left(\dot{\varphi}^2 \frac{r}{g} + \cos \alpha_0 \cos \varphi \right) \left(r\dot{\varphi} / \sqrt{\dot{x}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2} \right) + \sin \varphi \right]; \quad (17)$$

$$m\ddot{x} = P \left[\sin \alpha_0 - f \left(\dot{\varphi}^2 \frac{r}{g} + \cos \alpha_0 \cos \varphi \right) \left(\dot{x} / \sqrt{\dot{x}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2} \right) \right]. \quad (18)$$

Чисельний розв'язок наведених рівнянь можливий за початкових умов які визначаються схемою подачі зерна в решето і кутовою швидкістю самого решета.

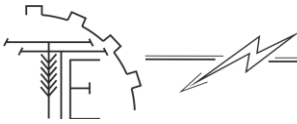
Висновки

Виведені диференціальні рівняння руху зерна в циліндричному решеті, яке обертається навколо осі нахиленої до горизонту. Розв'язок рівнянь дозволить визначити швидкість і час сходу зерна при його очищенні в решеті.

Наведене дослідження динаміки руху зерна в решеті можна використати при розробці математичної моделі взаємодії зернового вороху з решетом при очищенні зерна.

Список літератури

1. Харченко С.А. К построению трехмерной гидродинамической модели пузырьковой псевдосжиженной зерновой схеме по структурному виброрешету // С.А. Харченко // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2014. Вип. 14.Т2.-с.80-50
2. Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. Гидродинамика сепарирования зерна. – Харьков: «Місьдрук», 2010. – 174с.
3. Першин В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа. // Першин В.Ф., Однолько В.Г., Першина С.В. // – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с.
4. Романов, А.А. Моделирование и оптимизация процесса в аппарате многоступенчатой сепарации зернистых материалов по технологии «Мультисег»: дис. канд. техн. наук / А.А. Романов. – Тамбов, 2002. – 147 с.

**References**

1. Harchenko S.A. K postroeniyu trehmernoy gidrodinamicheskoy modeli puzyirkovoy psevdoszhizhennoy zernovoy sheme po strukturnomu vibroreshetu // S.A. Harchenko // PratsI TDATU. – Melltopol, 2014. Vip. 14.T2.-s.80-50
2. Tischenko L.N., Olshanskiy V.P., Olshanskiy S.V. Gidrodinamika separirovaniya zerna. – Harkov: «MIsdruk», 2010. – 174s.
3. Pershin V.F. Pererabotka syipuchih materialov v mashinah barabannogo tipa. //Pershin V.F., Odnolko V.G., Pershina S.V.// – M.: Mashinostroenie, 2009. – 220 s.
4. Romanov, A.A. Modelirovanie i optimizatsiya protsessu v apparate mnogostupenchatoy separatsii zernistiyh materialov po tehnologii «Multiseg» : dis. ... kand. tehn. nauk / A.A. Romanov. – Tambov, 2002. – 147 s.

**ДВИЖЕНИЕ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ РЕШЕТЕ,
ВРАЩАЮЩЕМСЯ ВОКРУГ СВОЕЙ ОСИ, ОТКЛОНЁННОЙ ОТ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО
ПОЛОЖЕНИЯ**

Аннотация: приведены результаты теоретических исследований движения зерновой смеси в цилиндрическом решете и выведены дифференциальные уравнения, описывающие движение зерна по цилиндрическому решету.

Ключевые слова: цилиндрическое сито; скорость движения зерна; дифференциальное уравнение, реакция опоры, коэффициент трения.

**MOVING OF CEREAL MIXTURE IN A CYLINDRICAL SIEVE ROTATING ROUND
ABOUT AN AXIS DEVIATION FROM HORIZONTAL POSITION**

Summary: the oretical researches results of cereal mixture motion in a cylindrical sieve were presented and were received differential equations which describe the movement of grain cylindrical sieve.

Keywords: cylindrical sieve; speed of grain movement; differential equation, reaction forces, coefficient of friction.