

УДК 631.36

ПРУЖНО-В'ЯЗКО-ПЛАСТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ЗЕРНОВОГО СЕРЕДОВИЩА З ВІБРОДЕКОЮ

Волик Д. А., Степаненко С. П.

Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми. В процесі очищення та сортування зерна на вібраційних сепараторах важливим є точне визначення сил, які діють на зерно при його контакті з віброуючою поверхнею. Однак, існуючі моделі взаємодії не враховують достатньо комплексно вплив еластичних, в'язких та пластичних властивостей зернового середовища [1-3]. Це призводить до похибок у визначенні сили нормальної реакції, що впливає на ефективність роботи сепаратора та якість обробки зерна [4, 5].

Мета. Дана робота спрямована на розробку пружно-в'язко-пластичної моделі взаємодії зернового середовища з вібраційною поверхнею, яка дозволить точніше описати поведінку зернівок при їх русі по вібродеці сепаратора.

Результати. Спираючись на досягнення в теорії вібраційних процесів, для більш точного визначення сили нормальної реакції була запропонована пружно-в'язко-пластична модель вібраційного руху зернівок на етапі контактної взаємодії з вібродекою сепаратора в напрямку,

перпендикулярному до робочої поверхні [2-4]. Ця модель включає додатковий елемент зсуву R_r , що дає змогу окремо враховувати енергетичні втрати при контактній взаємодії, пов'язані з необоротними процесами, такими як утворення деформацій зернового середовища рис. 1.

На початковому етапі контакту система «модель-поверхня віброреки» піддається пружній деформації. За певних умов, коли контактне зусилля досягає граничного значення F_σ , розпочинаються необоротні процеси. Під час розвантаження системи, коли контактне зусилля знижується з максимального значення до нуля, зникають лише пружні деформації. Потенційна енергія пружної деформації перетворюється в кінетичну енергію руху частинки на етапі польоту (відриву від безпровальної поверхні деки за рахунок пульсувального повітряного потоку).

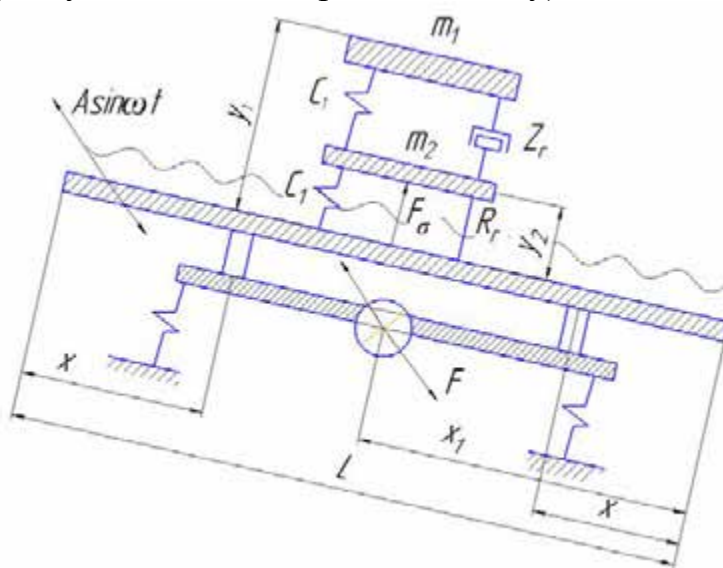


Рис. 1. Схема взаємодії пружно-в'язко-пластичної моделі зернового середовища з віброрекою.

Для вивчення процесу переміщення зернівки по віброреці з деякою амплітудою коливань уздовж її довжини були отримані відповідні диференціальні рівняння руху моделі. У напрямку, перпендикулярному до робочої поверхні (по осі Y), на етапі контактної взаємодії вони мають наступний вигляд (рис. 1):

$$\begin{cases} m_1 \ddot{y}_1 + Z_r [\dot{y}_1 - \dot{y}_2] + C_1 [y_1 - y_2] = \\ = -G_{y1} - m_1 A(x) \omega^2 \sin[\omega t] \\ m_2 \ddot{y}_2 + Z_r [\dot{y}_2 - \dot{y}_1] + C_1 [y_2 - y_1] + C_2 y_2 + R_r y_2 = \\ = F_\sigma - G_{y2} - m_2 A(x) \omega^2 \sin[\omega t] \end{cases} \quad (1)$$

де $\ddot{y}_1, \ddot{y}_2, \dot{y}_1, \dot{y}_2, y_1, y_2$ - прискорення, швидкість і переміщення мас m_1 і m_2 відносно віброреки в нормальному напрямку; $A(x) \omega^2 \sin[\omega t]$ - прискорення віброреки по осі Y ; G_{y1}, G_{y2} - проекції сили тяжіння мас m_1 і m_2 на нормаль до віброреки; $A(x)$ - закон зміни амплітуди коливань по довжині деки

вздовж осі Y ; C_1 - коефіцієнт жорсткості пружного елемента в пружно-в'язкому блоці моделі; C_2 - коефіцієнт жорсткості пружного елемента в пружно-пластичному блоці моделі; Z_r - коефіцієнт в'язкості в'язкого елемента в пружно-в'язкому блоці моделі; F_σ - зусилля, що відповідає початку необоротних процесів; R_r - коефіцієнт зсуву або податливості матеріалу.

Висновок. Розроблена математична модель (1) дозволяє враховувати вплив пружних, в'язких (дисипативних) і пластичних властивостей матеріалу на динаміку взаємодії зернівки з робочою поверхнею деки при її русі по вібруючій поверхні з амплітудою коливань уздовж деки. Завдяки цьому модель більш точно описує поведінку зернівки у напрямку, перпендикулярному вібруючій поверхні, і спрощує розрахунок у площині, паралельній робочій поверхні.

Список використаних джерел

1. Алієв Е.Б. Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва : підручник. Київ : Аграрна наука, 2023. 341 с. ISBN 978-966-540-584-9. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-584-9>

2. Основи теорії та технології повітряної сепарації зернових матеріалів / монографія / Б. І. Котов, С. П. Степаненко. Київ : ЦП Компринт, 2023. 427 с.

3. Sheremeta R. Review of reological models. *Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agroengineering Research*. 2018. No. 22. P. 22–30. <https://doi.org/10.31734/agroengineering 2018.01.022>

4. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ : навч. посіб. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. 290 с.

5. Stepanenko, S.; Kotov, B.; Kuzmych, A.; Shvydia, V.; Kalinichenko, R.; Kharchenko, S.; Shchur, T.; Kocira, S.; Kwaśniewski, D.; Dziki, D. To the Theory of Grain Motion in an Uneven Air Flow in a Vertical Pneumatic Separation Channel with an Annular Cross Section. *Processes* 2022, 10, 1929. <https://doi.org/10.3390/pr10101929>

ISBN 978-617-8102-06-7

Міністерство освіти і науки України
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
Механіко-технологічний факультет
Кафедра сільськогосподарських машин
та системотехніки імені академіка П. М. Василенка

ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
XXV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"Сучасні проблеми землеробської механіки"
(17–19 жовтня 2024 року)

*присвяченій 124-й річниці з дня народження академіка
Петра Мефодійовича Василенка, 95-й річниці з дня заснування
механіко-технологічного факультету НУБіП України*



Київ – 2024

ББК40.7

УДК 631.17+62-52-631.3

JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42

З 38

Рекомендовано до друку збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" вченою радою механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України від 15 жовтня 2024 року протокол № 3.

Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. 527 с.

ISBN 978-617-8102-06-7

В збірнику тез представлено анотований зміст доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок з: розвитку сучасної землеробської механіки; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для рослинництва; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для тваринництва; смарт-технологій машиновикористання, інженерного менеджменту, технічного сервісу; транспортних технологій та логістики; історії аграрної освіти і науки; будівництва сільських територій; надійності машин для сільського, лісового і водного господарств та харчових технологій; удосконалення та нові розробки біотехнологічних процесів і технічних засобів.

Організаційний комітет:

Ткачук В.А. – д.е.н., проф., ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), голова.

Ніколаєнко С.М. – д.п.н., проф., академік НАПН, академік НААН, президент НУБіП, співголова.

Тонха О.Л. – д.с.-г.н., проф., проректорка з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП, співголова.

Братішко В.В. – д.т.н., проф., декан НУБіП, співголова.

- Войтюк Д.Г. – к.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри НУБіП, співголова.
- Адамчук В.В. – д.т.н., проф., академік НААН, директор ІМА АПВ.
- Аулін В.В. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.
- Барановський В.М. – д.т.н., проф., ТНТУ імені Івана Пулюя.
- Борак К.В. – д.т.н., проф., заступник директора ЖАТФК.
- Бредихін В.В. – д.т.н., доц., декан ДБУ.
- Вергунов В.А. – д.с.-г.н., д.і.н., проф., академік НААН, директор ННСГБ НААН.
- Вечера О.М. – ст. викл. кафедри НУБіП, секретар оргкомітету конференції.
- Гуменюк Ю.О. – к.т.н., доц., завідувач кафедри НУБіП.
- Гуцол О.П. – к.т.н., доц., керівник приватного підприємства.
- Зубко В.М. – д.т.н., проф., декан СНАУ.
- Іванишин В.В. – д.е.н., проф., академік НААН, ректор ЗВО «ПДУ».
- Іценко Т.Д. – к.п.н., проф., директор ДУ «НМЦВФПО».
- Калетнік Г.М. – д.е.н., проф., академік НААН, президент ВНАУ.
- Кірчук Р.В. – к.т.н., проф., декан ЛНТУ.
- Кобець А.С. – д.н. з держ. упр., проф., ректор ДДАЕУ.
- Ковалишин С.Й. – к.т.н., проф., декан ЛНУП.
- Гуцол О.П. – к.т.н., власник і бенефіціар аграрних компаній.
- Козаченко Л.П. – президент Української аграрної конфедерації.
- Кравчук В.І. – д.т.н., проф., академік НААН, директор УМІ АПІ.
- Кропівний В.М. – к.т.н., проф., ректор ЦНТУ.
- Кульгавий В.Ф. – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів».
- Кюрчев В.М. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, радник ректора ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
- Кюрчев С.В. – д.т.н., проф., ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
- Лавріненко О.Т. – к.т.н., доц. кафедри НУБіП.
- Лукач В.С. – к.п.н., проф., директор ВП НУБіП «НАТІ».
- Маруцак П.О. – д.т.н., проф., проректор ТНТУ імені Івана Пулюя.
- Мельник В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ДБУ.
- Мироненко В.Г. – д.т.н., проф., ІМА АПВ.
- Мороз О.О. – Голова Верховної Ради України двох скликань.
- Надикто В.Т. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
- Панцир Ю.І. – к.т.н., доц., декан ЗВО «ПДУ».
- Пастухов В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.
- Пилипака С.Ф. – д.т.н., проф., завідувач кафедри НУБіП України.
- Пугач А.М. – д.н. з держ. упр., проф., декан ДДАЕУ.
- Пушка О.С. – к.т.н., доц., проректор УНУС.
- Ребенко В.І. – к.т.н., доц., доцент кафедри НУБіП.