

ДО ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БАРАБАННОГО ЗЕРНОВОГО СКАЛЬПЕРАТОРА

Тіщенко Л.М., д.т.н., академік НААНУ, професор,
Богданович С.А., аспірант

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Запропоновано підхід до створення математичної моделі технологічного процесу барабанного зернового скальператора з урахуванням особливостей його роботи.

Проблема. У сучасних зерноочисних комплексах для попереднього очищення зернового вороху широко застосовуються барабанні скальператори. Вони прості за конструкцією, надійні, мало травмують зерно. Одним із шляхів вирішення проблеми підвищення питомої продуктивності скальператора є накладання вібрацій на обертальний рух його барабана.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робочим органом барабанного скальператора є циліндричне решето, через отвори якого виконується розділення зернового вороху (ЗВ) на основну зернову фракцію і великі домішки. Подача ЗВ здійснюється на внутрішню поверхню решета.

Зерновий потік є багатофазним середовищем, в якому носієм (диспергуючою складовою) є зерновий матеріал. Для опису рівноваги середовища застосовують методи теорії пластичності (теорія граничної рівноваги), для розвинених зсувних рухів – теорію «швидких» рухів [1]. Наявність вібраційних впливів призводить до того, що сипке середовище поводить себе як в'язка рідина зі складним реологічним законом [2,3].

У роботі розглянуті «швидкі» рухи зернового потоку, що описуються законами динаміки в'язкої рідини в припущенні виконання співвідношень Нав'є-Стокса [4].

Мета дослідження. Створення математичної моделі технологічного процесу барабанного зернового скальператора з урахуванням особливостей його роботи.

Результати дослідження.

На рис. 1 представлена розрахункова схема руху ЗВ у скальператорі. Вісь барабана розташована горизонтально. Сам барабан S_0 має довжину L і радіус R , обертається навколо своєї осі з постійною кутовою швидкістю Ω . На обертальний рух барабана накладаються малі вібрації. ЗВ подається всередину барабана (поблизу Σ_1) і за рахунок обертання циліндра і вібраційного впливу зерно просипається через отвори решета. Великі домішки переміщуються до правого кінця Σ_2 , утворюючи шар змінного перерізу з вільною поверхнею S_1 . Введемо декартову систему координат (x, y, z) , вісь Oz якої направимо вздовж осі циліндра.

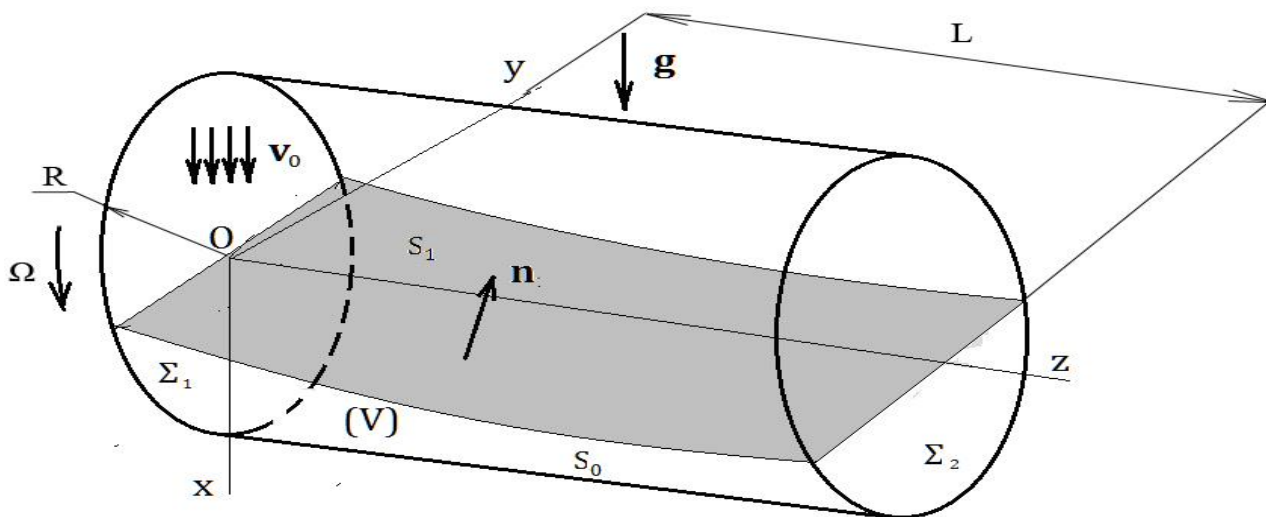


Рис. 1 – Розрахункова схема руху ЗВ в скальператорі

Розглянемо режим «швидкого» руху сипучого середовища, що виникає при дії вібрації. При певній інтенсивності цих впливів, яка визначається характеристикою $j = a\omega^2$ (a , ω -відповідно амплітуда і частота вібраційних коливань), всередині середовища виникають миттєві розтягуючі зусилля, які призводять до порушення контакту між його зернами. Виникає хаотичний рух зернин, що зіштовхуються між собою, аналогічний руху атомів або молекул газу. Це явище призводить до того, що середовище в цих умовах може підкорятися рівнянням динаміки в'язкого середовища, реологічний закон якого аналогічний законові Нав'є-Стокса з відповідними феноменологічними коефіцієнтами.

Вібрації, що діють на циліндричне решето, впливають на величину феноменологічних коефіцієнтів, які входять у визначальні співвідношення (коефіцієнти в'язкості, тертя та ін.) [5, 6]. При збільшенні інтенсивності j вібрацій коефіцієнт тертя зменшується, прагнучи до деякого асимптотичного значення. Аналогічний характер має і залежність коефіцієнта в'язкості від j [5].

Визначивши тензор напружень з урахуванням умови нестисливості, а також граничних умов на вільній поверхні ЗВ і на поверхні решета, в [7] отримані рівняння, що описують процес руху вороху в скальператорі з урахуванням прийнятих допущень.

Прийнята умова нестисливості середовища дає перше рівняння, яке має у вибраній системі координат вигляд:

$$\frac{dv_x}{dx} + \frac{dv_y}{dy} + \frac{dv_z}{dz} = 0. \quad (1)$$

Рівняння руху, що виражає другий закон механіки суцільного середовища:

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \text{div} \delta + \rho \vec{g}, \quad (2)$$

де ρ – щільність середовища (в даному випадку величина постійна);

\vec{g} – інтенсивність зовнішніх масових сил, що діють на середовище (у нашому випадку дорівнює прискоренню вільного падіння);
 δ -тензор напружень, що має компоненти, які визначаються співвідношенням (3):

$$\delta = -p\vec{\delta} + \left(\lambda - \frac{2}{3}\mu \right) \text{div}\vec{v} + 2\mu\vec{V}, \quad (3)$$

де λ, μ – об'ємний і зсувний коефіцієнти в'язкості, які є функціями інтенсивності вібрації j ;

p – тиск;

$\vec{\delta}$ – одиничний тензор напружень;

$\vec{v} = (v_1(x_1, x_2, x_3), v_2(x_1, x_2, x_3), v_3(x_1, x_2, x_3))$ – поле швидкостей суцільного середовища;

\vec{V} – тензор швидкостей деформацій.

Знехтуємо впливом теплових процесів на динаміку середовища. Тоді система рівнянь (2), (3) є замкнутою системою, і для її вирішення досить задати початкові і граничні умови. Початкові умови складаються задаванням початкового поля швидкостей, а граничні – визначаються наступним чином. На твердій стінці циліндричного решета отвори розглядаємо як деякі стоки, з рівномірно розподіленою по поверхні S_0 щільністю, що визначають нормальну складову швидкості зернового потоку відповідно до закону фільтрації з деяким феноменологічним коефіцієнтом K_d . Дотичні складові напружень на S_0 повинні відповідати закону сухого тертя:

$$\vec{p}_n \cdot \vec{\tau} = -\frac{\vec{w}_\tau \cdot \vec{\tau}}{|\vec{w}_\tau|} (fp|_{S_0} + \lambda|\vec{w}_\tau|), \quad (4)$$

де \vec{p}_n – напруження на поверхні S_1 ;

$\vec{\tau}$ – довільний одиничний вектор, дотичний до поверхні S_0 ;

\vec{w}_τ – відносна дотична складова швидкості зерна біля внутрішньої поверхні решета.

На вільній поверхні виконується кінематична й динамічні умови відсутності напружень [7], які в скалярній формі відповідають трьом умовам у проекціях на нормаль і двом одиничним різним дотичним до S_1 векторам τ_1 і τ_2 :

$$\begin{aligned}
n_i \left(-p \delta_{ik} + \mu \left(\frac{\partial v_k}{\partial x_i} + \frac{\partial v_i}{\partial x_k} \right) \right) n_k \Big|_{S_1} &= 0; \\
\mu n_i \left(\frac{\partial v_k}{\partial x_i} + \frac{\partial v_i}{\partial x_k} \right) \tau_{1k} \Big|_{S_1} &= 0; \\
\mu n_i \left(\frac{\partial v_k}{\partial x_i} + \frac{\partial v_i}{\partial x_k} \right) \tau_{2k} \Big|_{S_1} &= 0.
\end{aligned} \tag{5}$$

Слід зазначити, що третій закон механіки суцільного середовища пов'язаний зі зміною кінетичного моменту середовища. У випадку симетричного тензора напружень і відсутності внутрішніх моментів кількості руху рівняння третього закону виконуються автоматично (безмоментна теорія механіки суцільного середовища). Однак буває зручно все ж використовувати це рівняння замість одного з рівнянь руху. Для цього можна скористатися інтегральною формою цього закону.

Висновки. Накладення вібрації на обертальний рух барабанного зернового скальператора дозволить підвищити його питому продуктивність. Для опису процесів, що відбуваються в ЗВ при обробці його в барабанному скальператорі з накладанням вібрацій, можна використовувати закони динаміки в'язкої рідини при виконанні співвідношень Нав'є-Стокса з відповідними фенологічними коефіцієнтами. Розрахунок математичної моделі технологічного процесу скальператора дозволить визначити раціональне поєднання його конструктивно-кінематичних параметрів.

Список використаних джерел

1. Механика гранулированных сред: Теория быстрых движений: Сб. ст.; пер. с англ. / сост. И.В. Ширко. - М.: Мир, 1985.
2. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. / В.В.Соколовский – М.: Наука, 1990. - 272 с.
3. Гольдштик М.А. Процессы переноса в зернистом слое. /М.А.Гольдштик. Новосибирск: СО АН СССР, Ин-т теплофиз., 1984. - 164 с.
4. Слеттери Дж. С. Теория переноса импульса, энергии и массы в сплошных средах. / Дж.С.Слеттери - М.: Энергия, 1978.-448 с.
5. Цытович Н.А. Механика грунтов. /Н.А.Цытович -М.: Гос. издат. лит. по строительству, архитект. и стройматер, 1963. - 636 с.
6. Заика П.М. Динамика вибрационных зерноочистительных машин. / П.М.Заика -М.: Машиностроение, 1977. - 278 с.
7. Тищенко Л.Н. К исследованию факторов, влияющих на технологический процесс барабанного зернового скальператора /Л.Н.Тищенко, А.В.Миняйло, С.А.Богданович //Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. - Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка, 2012. - Вип.131. - С.5-11.

Аннотация

**К ПОСТРОЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА БАРАБАННОГО ЗЕРНОВОГО
СКАЛЬПЕРАТОРА**

Тищенко Л.Н., Богданович С.А.

Предложен подход к созданию математической модели технологического процесса барабанного зернового скальператора с учетом особенностей его работы.

Abstract

**BY CONSTRUCTION OF A MATHEMATICAL PROCESS MODELS DRUM
GRAIN SKALPERATORAL**

L. Tishchenko, S. Bogdanovych

An approach to the creation of a mathematical model of the process of grain drum skalperatory considering the product.