

УДК 631.332.7

О.О.Налобіна, В.Л.Мартинюк

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ МОДЕЛІ ДИСКРЕТНОГО СЕРЕДОВИЩА ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

У статті виконано аналіз співвідношення сил, прикладених до дискретного елементу сипкого тіла.

Ключові слова: матеріал, середовище, добрива, модель, дослід.

Постановка проблеми. В агропромисловому комплексі широко застосовуються сипкі матеріали, а саме: різні види зерна, насіння, гранульовані корми, мінеральні добрива тощо.

Машини, які працюють із сипкими матеріалами містять бункери різної форми та розмірів, а також глибокі бункери, силоси. Проектування бункерних устаткувань потребує досліджень руху сипких матеріалів у них.

Аналіз досліджень. Основи теорії бункерів почали закладатись ще у 1882 р. І. Робертсом. І досі створюються і уточнюються теорії тиску сипких матеріалів на стінки бункерів і силосів; теорії витікання (висипання) матеріалу з бункерів різної конфігурації [1, 2, 3].

Сипке тіло за своєю поведінкою та механічними властивостями відрізняється від інших тіл, що розглядаються в техніці, насамперед, дискретністю будови [4]. Враховуючи це, при вивченні руху сипкого тіла, його не можна моделювати як суцільне середовище. Але й необхідно враховувати той факт, що сипке тіло має деякі властивості, характерні для суцільних середовищ: воно може витікати, подібно рідині, створювати тиск на дно та стінки ємкостей, приймати їхню форму [4]. Враховуючи двоякі властивості сипких матеріалів і будемо формувати модель наших досліджень.

Мета роботи. Дослідити прояв сил у моделі взаємодії сипкого тіла, яким представляємо ОМД (органомінеральні добрива), рекомендовані для застосування при висаджуванні картоплі [6], із запропонованим нами [5] дозуючим пристроєм.

Результати роботи. Об'єктом дослідження є дискретний елемент сипкого тіла. На рис. 1 подано модель дискретного середовища, яким є ОМД. Окремі елементи ОМД зображено у вигляді дисків круглої форми, однакового діаметра.

Допускаємо, що елементи добрива викладені пірамідально (рис. 1, а), тобто шари ведучого шару (1, 2, ...) опираються на три рівновіддалені шари проміжного шару. Причому бокові шари проміжного шару опираються на стінку тукопроводу, а нижні – на твірну поверхні конуса правильними шарами (рис. 1, б).

Розглянемо більш простий варіант розташування системи тіл. На рис. 1, б зображено модель ОМД за умови пошарового розташування елементів. У цьому випадку елементи ведучого шару сприймають сили тиску F , а ведений шар навантажено силами опору F_{ii} . Для визначення взаємозв'язку F і F_{ii} виділяємо елементи 4, 5 і 6 (рис. 2).

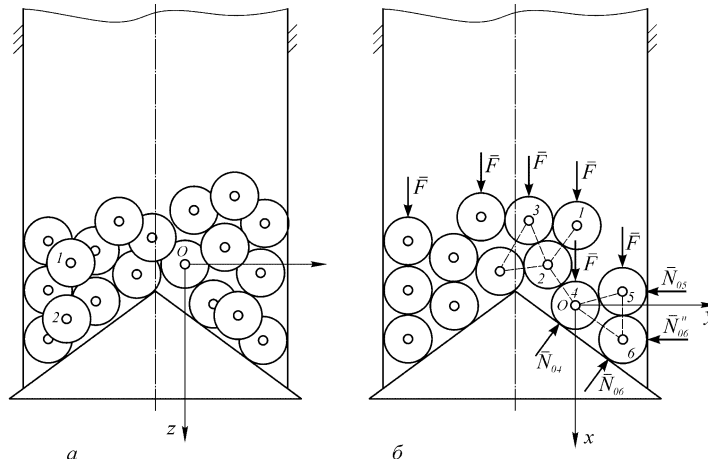


Рис. 1. Моделі дискретного середовища: а – пірамідоподібне укладення елементів; б – система викладена правильними шарами

Згідно рис. 2, на виділений елемент 4 діють сили тертя F_{04} по похилій площині, F_{54} – по сусідньому п'ятому елементу; сила нормального тиску з боку похилої площини N_{04} ; F_{24} – сила опору тертю між елементами 2 і 4; реакція R_{24} , сила просування F , сила опору руху F_{ii} .

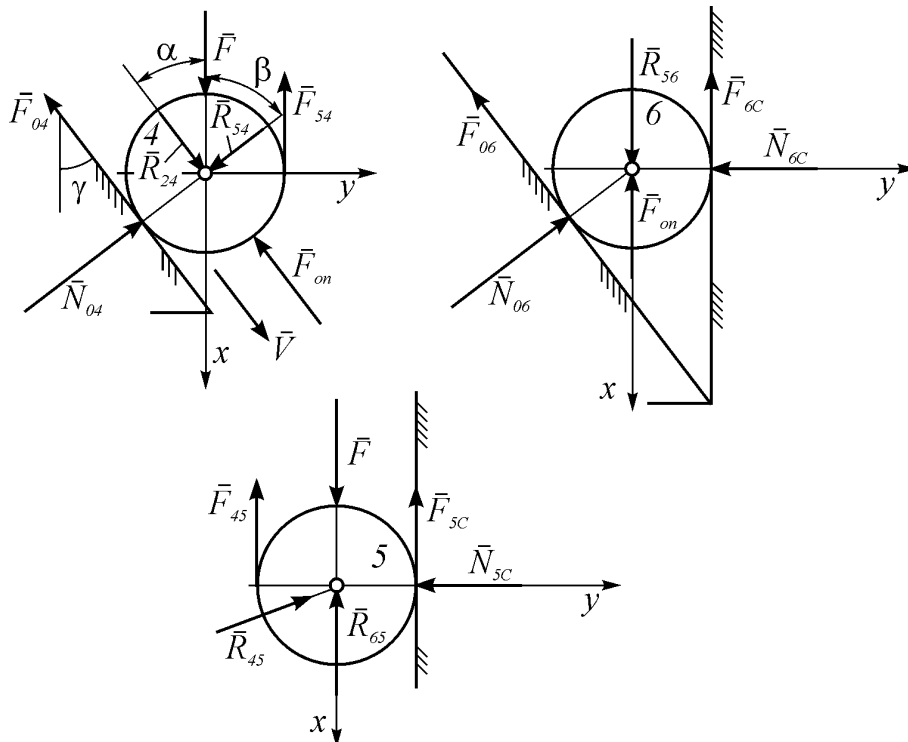


Рис. 2. Схеми дії сил на елементи 4, 5 і 6

Запишемо рівняння сум проекцій прикладених зовнішніх сил і реакцій на осі координат для 4-го елемента:

$$\sum X = F + R_{24} \cos \alpha + F_{24} \sin \alpha - F_{54} + R_{54} \cos \beta - F_{04} \cos \gamma - N_{04} \sin \gamma - F_{ii} \cos \gamma = 0, \quad (1)$$

$$\sum Y = R_{24} \sin \alpha - R_{54} \sin \beta - F_{04} \sin \gamma - N_{04} \cos \gamma - F_{ii} \sin \gamma = 0.$$

Для 5-го елемента:

$$\sum X = F - F_{45} - F_{5c} - R_{45} \cos \beta - R_{65} = 0, \quad (2)$$

$$\sum Y = R_{45} \sin \beta - N_{5c} = 0.$$

Для 6-го елемента:

$$\sum X = R_{56} - N_{06} \sin \gamma - F_{6c} - F_{06} \cos \gamma - F_{ii} = 0, \quad (3)$$

$$\sum Y = -N_{6c} - F_{06} \sin \gamma - N_{06} \cos \gamma = 0.$$

Розв'язок рівнянь передбачає визначення сил тертя елементів один по одному й по затискаючих площинах: $F_{04} = fN_{04}$; $F_{06} = fN_{06}$; $F_{6c} = fN_{6c}$; $F_{5c} = fN_{5c}$, де f – коефіцієнт тертя добрив по поверхні тукопроводу і твірної конуса; $F_{54} = f'R_{54}$; $F_{24} = f'R_{24}$; $F_{45} = f'R_{45}$, де f' – коефіцієнт тертя всередині шару добрив.

Зсув дискретного середовища забезпечиться за умови, що кут нахилу твірної заслітки-конуса не буде перевищувати величину кута тертя добрив по ній: $\gamma < \varphi$. Ввівши заміну $f' = tg\psi$ – коефіцієнт внутрішнього тертя добрив і $f = tg\varphi$ – коефіцієнт тертя добрив по обмежуючих поверхнях і у виразах для визначення сил тертя, включивши ці заміни, отримаємо умову рівноваги елементів добрив. Провівши ряд перетворень, отримали умову самогальмування дискретної системи, тобто умову, при якій будь-яке зусилля F не може спричинити ковзання донизу елемента 6:

$$tg(\varphi + \gamma)tg(\beta + \psi) - 1 \geq 0, \text{ або } \varphi + \gamma + \beta + \psi \geq 90^\circ.$$

Для більш глибокого аналізу процесу витікання добрив при опусканні конусної заслінки необхідно розглянути й 2-й варіант розташування елементів добрив, що є задачею подальших теоретичних досліджень.

Висновок. Виконано аналіз сил, які діють у дискретній моделі. отримані співвідношення, необхідні для виведення диференціальних рівнянь руху сипкого середовища, яким є ОМД.

1. Алферов К.В. Бункерные установки / Алферов К.В., Зенков Р.Л. – М.: Машгиз, 1995. – 308 с.
2. Баранова А.Б. Исследование влияния сводообразования на истечение сыпучих материалов из бункеров / Баранова А.Б. // Вопросы механики деформируемых тел: Сб. науч. тр. РИСХМ. Ростов на Дону. 1972. – С. 79–85.
3. Гячев Л.В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах / Гячев Л.В. – М.: Машиностроение. 1968. – 184 с.
4. Гячев Л.В. Основы теории бункеров / Гячев Л.В. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета, 1992. – 321 с.
5. Пат. 50372 А Україна, МКИ А01С9/00. Картоплесаджалка / В.Л. Мартинюк (Україна). – № 2001129164; заявл. 28.12.2001; опубл. 15.10.2002, Бюл. №2.
6. Мартинюк В.Л. Вплив способу внесення добрив при посадці картоплі на її врожай / В.Л. Мартинюк // Сільськогосподарські машини. – Луцьк: ЛДТУ. – 2001. – № 8. – С. 384-388.