

ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО ОПОРУ ПРИ ПАДІННІ ТІЛА НАСІННИКА ПЕРЦЮ

С.І.Пастушенко, доктор технічних наук, професор

К.М.Думенко, асистент

Миколаївський державний аграрний університет

Визначено вплив аеродинамічного опору повітря на тіло насінника перцю, а також наведено графічні результати досліджень.

Определено влияние аэродинамического сопротивления воздуха на тело семяноса перца, а также приведены графические результаты исследований.

Постановка проблеми та аналіз основних досліджень і публікацій. Обладнання галузі виробництва насіння овоче-баштанних культур на сьогодні є одним з найменш досконалих. Окреме питання, яке стосується отримання насіння перцю, взагалі стоїть досить гостро. Відсутність необхідних машин для механізованого процесу отримання насіння вимагає вирішення цього завдання шляхом розробки нового технологічного обладнання [1], що потребує обов'язкового проведення досліджень механіко-технологічних властивостей плодів та насіння солодкого і гострого перцю. Основними серед недосліджених показників механіко-технологічних властивостей є аеродинамічний опір тіла насінника перцю, оскільки до теперішнього часу для переробки перцю на насіння використовували весь плід не відділяючи харчову коробочку від осердя з насінням (насінник) [2, 3], та показник сили тертя повітря для насінника.

Враховуючи біологічні особливості будови плоду перцю, доцільно перейти від способу подрібнення насінника до способу вибивання насіння з нього [4], що найбільш ефективно можна зробити за допомогою удару. В результаті такої дії насінник знаходиться в постійному хаотичному русі в середині барабану, де на нього діють сили опору:

- сила тертя по поверхні барабану;
- сила тертя повітря (аеродинамічний опір).

Так як сила тертя насінника по поверхні барабану була визначена в [5], то залишається дослідити вплив дії сили аеродинамічного опору на тіло насінника.

Формування цілі статті. Так як тіло насінника перцю неоднорідне за будовою, неправильної геометричної форми та значно змінює ці показники від сорту до сорту, то адекватність математичних моделей, що описують фізичну суть технологічних процесів виробництва насіння до реальних процесів, дозволить оптимізувати вибір конструктивних і технологічних параметрів обладнання, що створюється.

Таким чином, визначення впливу дії сили аеродинамічного опору на тіло насінника, який представляє собою пористу середу (губку), дасть можливість створити математичну модель, яка більш точно відповідатиме процесу “струшування” насіння, та описати диференційне рівняння руху тіла насінника всередині барабану.

Викладення основного матеріалу досліджень. Як відомо, при падінні тіла з висоти, максимальна швидкість падіння визначається виразом

$$V_0 = \sqrt{2gh}, \quad (1)$$

де g — прискорення сили тяжіння;

h — висота падіння тіла.

Оцінимо вплив аеродинамічного опору на швидкість руху насінника. Нехай тіло падає з висоти h на плиту. Початок координат розташуємо в т. O (як показано на рис.1). Тоді матимемо, що у момент часу $t = 0$:

$$y = 0; \frac{dy}{dt} = 0. \quad (2)$$

Рівняння руху має вигляд

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = G - F_c, \quad (3)$$

де m — маса тіла;

G — вага тіла ($G = mg$);

F_c – сила аеродинамічного опору.

Згідно з [6], маємо:

$$F_c = cS \frac{\rho_{\text{в}}}{2} V^2, \quad (4)$$

де S – площа найбільшого поперечного перерізу тіла в площині, перпендикулярній напрямку руху;

$\rho_{\text{в}}$ – густина повітря;

V – швидкість руху тіла;

c – коефіцієнт, залежний від форми тіла і швидкості потоку.

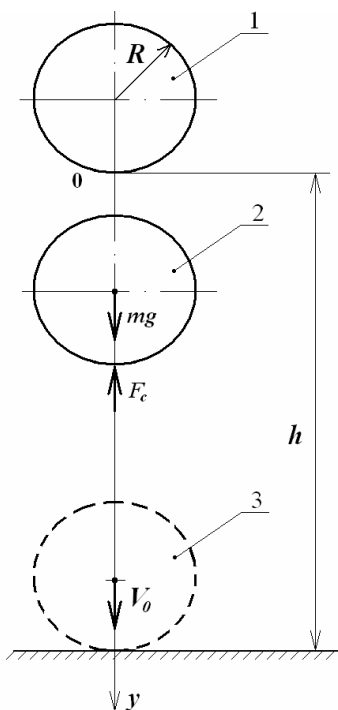


Рис. 1. Схема вільного падіння тіла насінника:
1 – початкове положення; 2 – поточне положення;
3 – нижнє (кінцеве) положення.

Для кулі $c = 0,1 \div 0,4$, для короткого циліндра при обтіканні з торця $c \approx 1$, для короткого циліндра при обтіканні бічної поверхні $c \approx 0,63$ [6]. Ґрунтуючись на тому, що переважно насінник падає вниз плодовою ніжкою і децю нагадує короткий циліндр, приймаємо $c \approx 1$.

Поділимо всі члени рівняння (3) на m , тоді отримаємо

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = g - k \left(\frac{dy}{dt} \right)^2, \quad (5)$$

де $k = \frac{3c\pi R^2 \rho_g}{2 \cdot 4\pi R^3 \rho} = \frac{3}{8} \frac{\rho_g}{\rho R}$;

ρ — густина матеріалу насінника.

Враховуючи, що $\frac{\rho_g}{\rho} \approx 10^{-3}$, отримаємо $k = 0,38 \cdot 10^{-3} / R$.

Оскільки $\frac{dy}{dt} = V$, то (5) приймає вигляд:

$$\frac{dV}{dt} + kV^2 = g. \quad (6)$$

Або, оскільки у [7] $\frac{dV}{dt} = \frac{dV}{dy} \cdot \frac{dy}{dt} = V \frac{dV}{dy} = \frac{1}{2} \frac{dV^2}{dy}$, тоді (6)

запишемо як

$$\frac{dV^2}{dy} + 2kV^2 = 2g \quad (7)$$

за умови $y = 0$ та $V = 0$. (8)

Розділивши змінні в (7) та проінтегрувавши, знайдемо

$$\ln\left(\frac{g}{k} - V^2\right) = -2ky + A, \quad (9)$$

де A — постійна інтегрування, значення якої знайдемо з умови (8)

$$A = \ln \frac{g}{k}. \quad (10)$$

Тоді із (9) з врахуванням (10) матимемо:

$$V^2(y) = \frac{g}{k} (1 - e^{-2kh}). \quad (11)$$

Приймаючи в (11) $y = h$, знайдемо швидкість падіння тіла на плиту

$$V^2(h) = \frac{g}{k} (1 - e^{-2kh}). \quad (12)$$

Або, перейшовши до безрозмірної швидкості

$$\overline{V^2} = \frac{1 - e^{-2kh}}{2kh}, \quad (13)$$

де $\overline{V} = \frac{V}{V_0}$.

При $2k \ll 1$, розкладемо експоненту в ряд і залишимо три члени ряду в (13), отримаємо

$$\overline{V^2} = \frac{1 - (1 - 2kh + \frac{(2kh)^2}{2!} - \dots)}{2kh} \approx 1 + kh. \quad (14)$$

З (14) знайдемо величину відносної помилки у визначенні швидкості падіння без урахування опору повітря

$$\delta V(h) = \left| \frac{V_0 - V(h)}{V_0} \right| = \left| 1 - \overline{V}(h) \right| = \left| 1 - (1 + \frac{kh}{2}) \right| = \frac{kh}{2}. \quad (15)$$

Нагадаємо, що $\max \frac{kh}{2} = \frac{3}{16} \frac{\rho_e}{\rho} \frac{h}{R} \approx 0,04$.

На рис.2. наведено результати розрахунку функції (13) у

вигляді $\overline{V}(\xi) = \sqrt{\frac{1 - e^{-\xi}}{\xi}}$,

де $\xi = 2kh$.

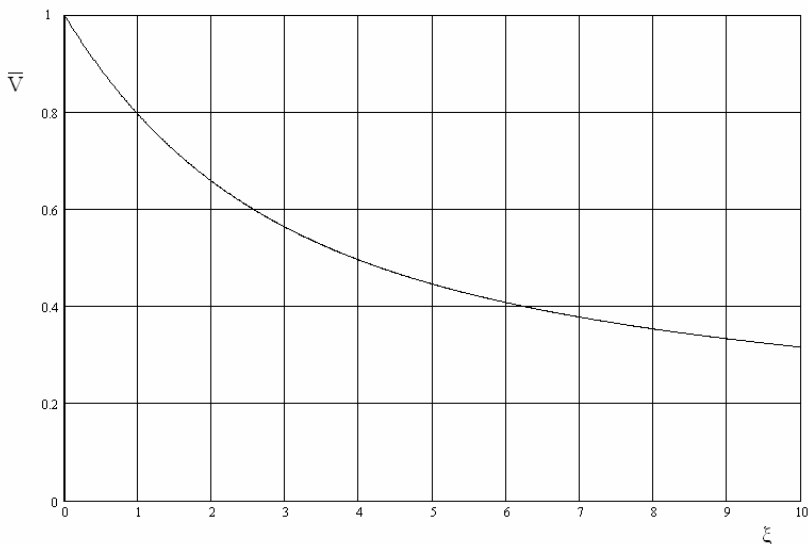


Рис. 2. Залежність відносної швидкості \bar{V} падіння тіла насінника від параметру ξ

Висновок. Результати теоретичних досліджень дали можливість визначити величину впливу сили опору повітря на насінник, що є необхідним для описання диференційного рівняння руху насінника в середині циліндричного барабану та створення адекватної моделі “струшування” насіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Медведєв В.П., Дураков А.В. Механізація виробництва насіння овочевих і багчевих культур. – М.: Агропромиздат, 1985. – 320с.
2. С.І. Пастушенко, К.М. Думенко Особливості отримання насіння солодкого та гострого перцю за допомогою подрібнювача насінневих плодів //Науковий вісник НАУ. – Вип. № 92. – Част. 2. – К. – 2005. – С.408-415.
3. С.І. Пастушенко, К.Н. Думенко Проблематика механізованого процесу отримання насіння перцю для потребностей южних регіонів України. Сборник статей Межд. научно-практ. конф. молодых ученых: Методы исследований и результаты разработок техники для ресурсосберегающих технологий сельского хозяйства. Том 1. – Минск, 2005. – С.152-158.

4. С.І. Пастушенко, К.М. Думенко Лабораторні випробування подрібнювача плодів овочевих культур планетарного типу // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – Дослідницьке //Збірник наукових праць. – Вип. 8 (22) кн.1. – 2005. – С.146-152.

5. Гольдшмідт О.В., Думенко К.М., Домчук П.М., Холодняк О.Г. Фізико-механічні властивості насінневих плодів і щойно виділеного насіння родини пасльонових і гарбузових культур //Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Вип. 6. – 2003. – С.100-108.

6. Кухлич Х. Справочник по физике: пер. с нем.. – М.: Мир, 1982. – 520 с.

7. Динник А.Н. Удар и сжатие упругих тел. – К.: Изд-во АН УССР, 1952. – 142 с.