

УДК 631.3:6311/6

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОСТІ
СКЛАДНОГО РІДКОГО СЕРЕДОВИЩА
НАСІННЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МАСИ ТА
ПАРАМЕТРІВ РУХУ НАСІННЯ ДИНИ І
ОГІРКА В ГІДРОПНЕВМОСЕПАРАТОРІ**

С.І.Пастушенко, доктор технічних наук, професор
Херсонський державний аграрний університет

М.М.Огієнко, асистент

Миколаївський державний аграрний університет

У статті наведено результати експериментальних досліджень з визначення в'язкості складного рідкого середовища гідропневмосепаратора, а також наведено порівняльний аналіз виконаних досліджень з теоретичними.

Ключові слова: експериментальні дослідження, гідропневмосепаратор, в'язкість, насіння.

Постановка проблеми. При розробці і проектуванні нових машин, обладнання і ліній для отримання кондиційного насінневого матеріалу необхідно використовувати не тільки теоретичні передумови їх функціонування, але і достовірні відомості про якісні і кількісні характеристики технологічного матеріалу, що переробляється, а також кінцевого продукту процесу переробки – насіння. Сукупність якостей насінневих плодів і насіння овочевих та баштанних культур є важливою складовою при проектуванні того чи іншого робочого органа та машини в цілому.

Однією з основних технологічних якісних характеристик складного рідкого середовища насінневої технологічної маси, яка утворюється в процесі роботи гідропневмосепаратора [1] та складається з мезги, соку, фрагментів кірки, насіння та води, є її в'язкість. Інформації щодо показників в'язкості та-

кого рідкого складного середовища в літературі не з'являлося, тому для урахування його впливу на ефективність роботи пристрою потрібно провести експериментальні дослідження щодо її визначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результатами проведеного аналізу підтверджено, що визначення та дослідження в'язкості складного рідкого середовища технологічної насінневої маси дині і огірка майже не проводилися. Дані літературних джерел дуже обмежені, часто носять суперечливий характер.

Ґрунтовні дослідження характеристик насіння та насінників овоче-баштанних культур було проведено професором І.Ф.Анісімовим [2], однак, отримані результати характеризують лише насінники та насінневий матеріал.

Виділення невирішеної частини загальної проблеми. Загальною темою наукового дослідження, у складі якого виникає нагальна потреба визначення в'язкості середовища, є розроблення конструктивно-технологічних параметрів машини для отримання та доробки насіння дині та огірка. Визначення технологічних та конструктивних параметрів машини потребує вивчення якісних показників компонентів подрібненої технологічної маси, що надходить на сепарацію, траєкторії, швидкості та часу руху насіння в сепараторі, а особливо – визначення в'язкості середовища при різних режимах роботи машини. Такий стан справ сформував ряд проблем, для вирішення яких необхідно провести експериментальні дослідження [3] процесу роботи гідропневмосепаратора.

Викладення основного матеріалу. Ступінь подрібнення насінневої маси має вплив на процентний вміст кірки з м'якоттю, насіння та соку з мезгою, які в свою чергу впливають на в'язкість складного рідкого середовища (суміш води з технологічною масою дині) всередині гідропневмосепаратора. Результати експериментальних досліджень процентного вмісту різних компонентів [4] в подрібнених насінневих плодах (табл.1) свідчать про докорінні відмінності складу цієї техно-

логічної маси, що направляєється на сепарацію, від вороху інших сільськогосподарських культур.

Експериментальні дослідження з визначення в'язкості рідкого середовища проводилися методом падаючої кульки, так як він є найбільш простим для вимірювання в'язкості складних рідких середовищ. Використовувалися пластмасові кульки діаметром 5,82 мм і щільністю матеріалу $\rho_T = 1940 \text{ кг} / \text{м}^3$.

Таблиця 1

Процентний вміст різних компонентів в подрібнених насінневих плодах

Найменування культури	Компонент подрібненої маси, %		
	Кірка+м'якоть	Насіння	Мезга+сік
Огірок «Ніженський»	41,2	3,8	55,0
Диня «Колгоспниця»	53,6	3,5	42,9

Рідке середовище (суміш води з технологічною масою дині) поміщалося в скляну посудину завдовжки $l=1,1 \text{ м}$ (рис.1) і діаметром $2R=50 \text{ мм}$. Щоб уникнути впливу розгінних і гальмівних ділянок, на трубку наносилися риски, віддалені від кінців трубки на відстані $\sim 50 \text{ мм}$.

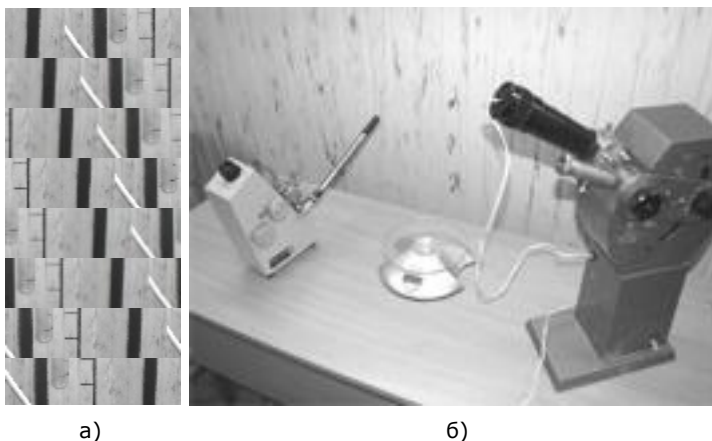


Рис.1. Обладнання для визначення в'язкості а) скляна посудина; б) ваги та рефрактометри

Відстань між рисками складала 1м. Час проходження кулькою шляху між рисками визначався секундоміром.

Таким чином, в експерименті приймалися наступні значення параметрів:

радіус кульки $a_0 = 2,91 \cdot 10^{-3}$ м;

щільність матеріалу кульки $\rho_T = 1940$ кг / м³;

щільність рідини $\rho_p = 1000$ кг / м³;

висота стовпа $H=1$ м.

Припускалося, що кулька між рисками проходила шлях $H=1$ м за час t_0 із постійною швидкістю:

$$u_0 = H / t_0. \quad (1)$$

З рівності підйомної сили і сили опору маємо рівність $c_y w \frac{u_0^2}{2} \rho_p = \frac{4}{3} \pi a_0^3 (\rho_T - \rho_p) g$, звідки знаходився коефіцієнт опору

$$c_y = \frac{8 a_0 g}{3 u_0^2} \left(\frac{\rho_T}{\rho_p} - 1 \right). \quad (2)$$

За значенням відомого числа c_y знаходилося число Рейнольдса [5]:

$$Re = \frac{24}{c_y - 0,67 \sqrt{c_y}}. \quad (3)$$

З другого боку, з визначення числа Рейнольдса маємо:

$$Re = 2 u_0 a_0 / \nu. \quad (4)$$

З (4) знаходимо

$$\nu = 2 u_0 a_0 / Re. \quad (5)$$

Підставляючи в (5) значення для Re у вигляді (3), отримуємо

$$\nu = \frac{2 u_0 a_0}{12} (c_y - 0,67 \sqrt{c_y}), \quad (6)$$

де c_y визначається за (2).

Таким чином, для визначення в'язкості за часом падіння кульки t_1 було отримано послідовність підрахунків (1), (2), (6).

Для даного експерименту чисельні результати основних показників мали величини:

$$c_y = B/u_0^2,$$

$$\text{де } B = \frac{8}{3} a_0 g \left(\frac{\rho_T}{\rho_p} - 1 \right) = \frac{8}{3} \cdot 2,91 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{1940}{1000} - 1 \right) = 7,16 \cdot 10^{-2} \left[\frac{M^2}{c^2} \right];$$

$$v = \frac{a_0 \sqrt{B}}{12} \left(\frac{\sqrt{B}}{u_0} - 0,67 \right) = 0,0435 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{0,4}{u_0} - 1 \right) \left[\frac{M^2}{c} \right].$$

Або, враховуючи, що при $H=1\text{ м}$ та часі $t_0[c]$

$$v = 4,35 \cdot 10^{-5} \cdot (0,4 \cdot t_0 - 1) \left[M^2/c \right]. \quad (7)$$

Підставляючи у (7) значення часу падіння кульки, отримано величину коефіцієнта кінематичної в'язкості:

$$v = 4,35 \cdot 10^{-5} \cdot (0,4 \cdot 3,05 - 1) = 0,956 \cdot 10^{-5} M^2/c.$$

Порівняємо результати експерименту (табл. 2) з теоретичними оцінками [6].

1. Час падіння кульки на глибину $H=1\text{ м}$ $t_1=3,05\text{ с}$.
2. Рівноважна швидкість падіння кульки в експерименті $u_0 = H/t_1 = 1/3,05 = 0,328\text{ м/с}$.

3. Відповідне число Рейнольдса

$$Re = \frac{2u_0 a_0}{v} = \frac{2 \cdot 0,328 \cdot 2,91 \cdot 10^{-3}}{0,956 \cdot 10^{-5}} \approx 200.$$

4. Коефіцієнт опору складного рідкого середовища за [6]

$$c_y = 0,116 \cdot \left[1 + \sqrt{1 + 8,6 \left(\frac{24}{200} \right)} \right]^2 = 0,68.$$

5. Рівноважна швидкість падіння за [6]

$$u_0 = \left[\frac{8}{3} \left(\frac{\rho_T}{\rho_p} - 1 \right) \frac{g \cdot a_0}{c_y} \right]^{1/2} = \left[\frac{8}{3} \cdot 0,94 \cdot \frac{9,81 \cdot 2 / 91 \cdot 10^{-3}}{0,68} \right]^{1/2} = 0,324 \text{ м/с}.$$

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень

<i>i</i>	1	2	3	4	5	6
$t_{0i}, \text{с}$	3,01	3,02	3,22	2,91	2,94	3,20
$\frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 t, \text{с}$	3,05					
	Експериментальні			Теоретичні		
$\nu, \text{м}^2/\text{с}$	$0,956 \cdot 10^{-5}$			10^{-5}		
C_y	0,68			0,7		
$u_0, \text{м/с}$	0,328			0,324		

Збіг по рівноважній швидкості падіння достатній.

Висновки. Результати експериментальних даних фізико-технологічних якостей складного рідкого середовища технологічної маси та насіння огірка і дині дозволяють констатувати:

1. Подрібнена технологічна маса огірка та дині, що надходить на сепарацію, має різний склад компонентів, який розподіляється таким чином: насіння – від 3,5% до 3,8%, кірка – від 41,2% до 53,6%, сік з мезгою від 42,9% до 55%.

2. Експериментальні дослідження визначення в'язкості рідкого середовища, що проводилися методом падаючої кульки, дозволили встановити середній час її падіння на глибину 1 м – $t_0=3,05$ с, та в'язкість середовища – $\nu=0,956 \cdot 10^{-5}$ м²/с.

3. Визначення в'язкості рідкого середовища дало можливість отримати значення рівноважної швидкості падіння насіння всередині гідропневмосепаратора, яка в подальшому буде використана для моделювання процесу руху насіння в

машині та визначення необхідної її глибини, для забезпечення повного відмивання насіння. При співставленні результатів експериментальних $u_0=0,328$ м/с та теоретичних $u_0=0,324$ м/с досліджень констатовано, що ці швидкості чисельно майже повністю співпадають.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. 29598 У України, МПК А23N15/00. Гідропневмосепаратор / Огієнко М.М., Пастушенко С.І, Горбенко О.А., — заявл. 30.03.07; Опубл. 25.01.08. Бюл. №2
2. Анисимов И.Ф. Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур / И.Ф.Анисимов. — Кишинев: Штиинца, 1987.
3. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В.Веденяпин. — М., Колос, 1973, — 97с.
4. С.І. Пастушенко Експериментальні дослідження компонентів подрібненої маси та фізико-механічних властивостей насіння овочевих культур / С.І. Пастушенко, О.А. Горбенко, М.М. Огієнко // Вісник Харківського НТУСГ ім. П. Василенка. — Харків, 2007. — Вип. 62. — С. 318—323.
5. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика / А.Д.Альтшуль, П.Г. Киселев. — М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1965. — 274 с.
6. Пастушенко С.І. Математичне моделювання впливу процесу барботації на очистку насіння овоче-баштанних культур / С.І. Пастушенко, М.М. Огієнко // загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин, випуск 39. — Кіровоград: КНТУ, 2009. — с. 201—210