

С.І. Пастушенко, проф., д.-р. техн. наук, П.М. Домчук, асист.
Миколаївський державний аграрний університет

Ймовірність проходження насіння гарбузових культур крізь отвори решета подрібнювача

Розглянуто питання ймовірності проходження насіння гарбузових культур крізь отвори деки подрібнювального пристрою. Вибрано оптимальні розміри отворів деки, необхідної для виконання технологічного процесу виділення насіння.

ймовірність, насіння, дека, подрібнювальний пристрій, технологічний процес

В розвитку овочівництва важливу роль відіграє забезпечення виробників товарної продукції високоякісним насінням. Добитися значного збільшення виробництва насіння овочевих культур, яке на сьогоднішній день не задовольняє потребам України, неможливо без створення сучасних засобів механізації. Це можна вирішити за рахунок вдосконалення технологічного устаткування для отримання насіння гарбузових культур. Головними операціями в технологічному процесі отримання насіння гарбузових культур являються подрібнення та сепарація.

Відділення насіння від основної маси подрібненого насінневого плоду на машинах-сепараторах, оснащених робочою поверхнею у вигляді листових решіт з штапованими отворами, є найбільш важливим та розповсюдженим видом сепарації, що застосовується в процесі виділення насіння з насінневих плодів гарбузових культур.

Головна мета сепарації полягає у виділенні з подрібненої маси насінневих плодів, бажано всієї кількості вільного насіння, шляхом просіювання цієї маси крізь решето з отворами відповідного розміру.

Аналіз обстежених літературних джерел не виявив досліджень щодо питання проходження технологічного процесу відділення насіння від подрібненої маси плодів гарбузових культур [1].

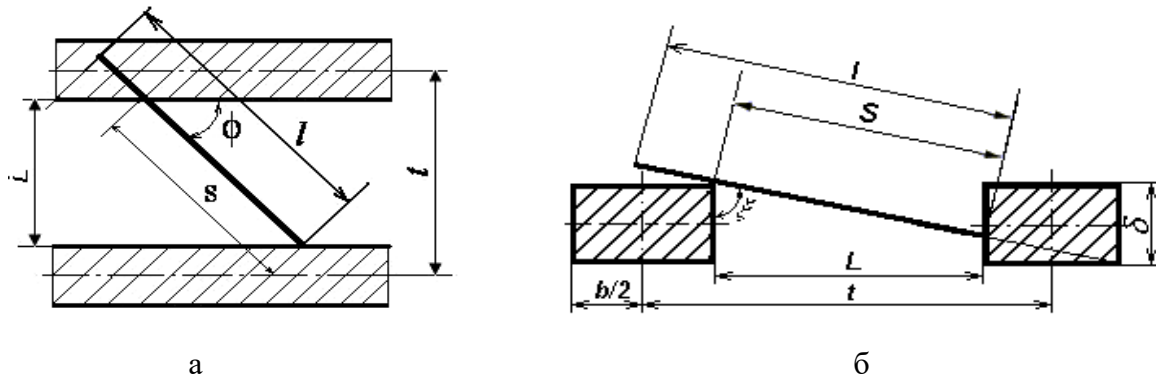
В літературних джерелах розглянуто питання просівання насіння крізь діаметральні розміри деки, причому за основний розмір насіння приймається середній діаметр, що призводить до невірних розрахунків параметрів решета та втрат насіння в відходах [2].

Вивчення даного питання і є метою проведеного дослідження.

Враховуючи те, що насіння гарбузових культур (дині, огірки) мають специфічну форму - значна довжина в порівнянні з шириною та товщиною, виникають особливі вимоги до робочих сепарувальних органів. Зокрема, при виборі просвітів решіт тільки по ширині насіння, скорочується живий перетин решіт і їх сепарувальна здатність. Доцільно використовувати при сепарації насіння інший розмір — довжину.

Користуючись відомим в теорії ймовірності умовним прийомом, замінимо насіння яке не має товщини стрижнем (голкою) [3,4].

Розглянемо випадок падіння стрижня, що займає довільне положення в просторі, на горизонтальне решето, виконане з паралельних прутків з кроком t , шириною b і товщиною δ (рис. 1а і 1б).



а) горизонтальна проекція решета; б) вертикальна проекція решета

Рисунок 1 - Схема проходу насіння крізь отвори деки з розмірами b і δ

Нехай стрижень довжиною $l > s$ утворює кут ξ з вертикаллю, а її горизонтальна проекція — кут ϕ з паралелями. Потрібно встановити, чи затримається стрижень (голка) на решеті або пройде через провіти.

Припустимо, що голка затримається на решеті в тому випадку, якщо проекція його одночасно перетинається не менше ніж з двома паралелями ймовірність проходу голки через провіти решета визначається за формулою [3,4]:

$$P_1 = 1 - \left[\frac{\pi - 2\eta^2}{\pi} + \frac{2l}{\pi^2 s} (\eta_2 - \eta_1) - \frac{l}{\pi^2 s} (\sin 2\eta_2 - \sin 2\eta_1) - \frac{4}{\pi^2} (\eta_2 - \eta_1) \right], \quad (1)$$

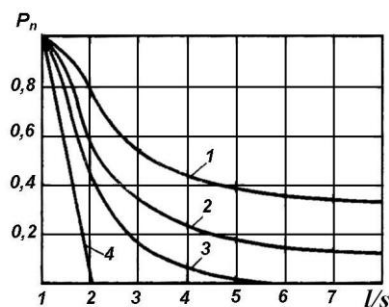
де $\eta_1 = \arcsin \sqrt{s/l}$; $\eta_2 = \arcsin \sqrt{2s/l}$.

Аналогічно, прийнявши $\xi = \pi/2$, можна визначити ймовірність проходу стрижня у втрати при транспортуванні його по поверхні решета (після подрібнення насінника)

$$P_2 = 1 - \left[\frac{\pi - 2\phi_2}{\pi} + \frac{2l}{\pi s} (\cos \phi_1 - \cos \phi_2) - \frac{2}{\pi} (\phi_2 - \phi_1) \right], \quad (2)$$

де $\phi_1 = \arcsin(s/l)$; $\phi_2 = \arcsin(2s/l)$.

З рівняння (1) та його графічної інтерпретації на рис. 2 (крива 1) видно, що на ймовірність проходу насіння істотно впливає співвідношення довжини стрижня l і ширина провіта s . Із збільшенням відношення l/s відбувається помітне зниження просівання насіння [4]: .



1 – при довільному киданні голки; 2 – при проходженні голки по поверхні деки; 3 і 4 – при транспортуванні по решету з урахуванням довільної орієнтації на похилій площині з кутом нахилу $\varphi=20^\circ$.

Рисунок 2 - Залежності ймовірності проходу голки крізь провіти решета (деки) від співвідношення довжини голки l до ширини провіту s .

Як видно з рис. 2 (крива 2), в цьому випадку відбувається ще більш інтенсивне зниження просівання насіння з послідовним збільшенням відношення l/s , що свідчить про помітний вплив просторової орієнтації голки (в даному випадку насіння гарбузових культур).

Залежність (1), (2) і відповідні криві на рис. 2 справедливі також для реального решета, робоча поверхня якого виконана з сітчастого полотна з розмірами b і δ (рис. 1б). З рис.1б видно, що в цьому випадку величину s , що визначає умову проходу голки (насіння) через просвіт, можна знайти з рівняння $s = \sqrt{(t^2 - b^2/4)} - \delta/2$, тобто вона більше фактичного зазору L між прутками і зростає з збільшенням лінійних розмірів прутків [4].

Отже, при рівних просвітах між прутками прохід насіння буде тим більший ніж менше товщина прутків. Тому доцільніше використовувати, при отриманні насіння гарбузових культур, решета (деки) як можливо з найменшою товщиною прутків. В цьому випадку збільшується ймовірність просівання насіння крізь отвори деки, але й збільшується засміченість насіння дрібною кіркою.

Ефективність просівання насіння крізь отвори деки залежить від просвіту: чим він більший, тим інтенсивніше проходить сепарація насіння, але при цьому разом з насінням через отвори деки проходить кірка, яка по розмірам співпадає з розмірами насіння, тобто збільшується засміченість насіння.

Найбільш доцільна ширина просвітів решіт деки машин для отримання насіння гарбузових культур обумовлена розмірами овочевих культур. Як приклад розглянемо розмірні характеристики огірків сорту «Конкурент», які приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати статистичної обробки розмірних характеристик довжини насіння огірка, мм.

№ п.п	Границі довжини по класам $l_{i-1} \div l_i$		Середнє значення довжини за класом \bar{l}_i	Відносна частота спостережень в i -му класі, ρ	Середнє квадратичне відхилення довжини насіння, σ_l	Дисперсія помилки спостережень, σ_i^2
1	12,4-13,3		12,85	0,01	0,1285	0,194481
2	13,3-14,2		13,75	0,03	0,4125	0,369603
3	14,2-15,1		14,65	0,06	0,879	0,408726
4	15,1-16,0		15,55	0,09	1,3995	0,263169
5	16,0-16,9		16,45	0,19	3,1255	0,124659
6	16,9-17,8		17,35	0,26	4,511	0,002106
7	17,8-18,7		18,25	0,21	3,8325	0,205821
8	18,7-19,6		19,15	0,07	1,3405	0,250047
9	19,6-20,5		20,05	0,05	1,0025	0,389205
10	20,5-21,4		20,95	0,03	0,6285	0,408483
	min	max		$\sum \rho = 1,00$	$\sum \sigma_l = 17,26$	$\sigma_i^2 = 2,6163$
	12,4	21,4			$\sigma_{lcp} = 1,726$	

Отримана за вимірюваннями розмірів варіаційна діаграма (рис. 3) дозволяють не тільки обґрунтувати просвіти сепарувальних органів, але і визначити засміченість насіння при тій або іншій ширині просвіту [5].

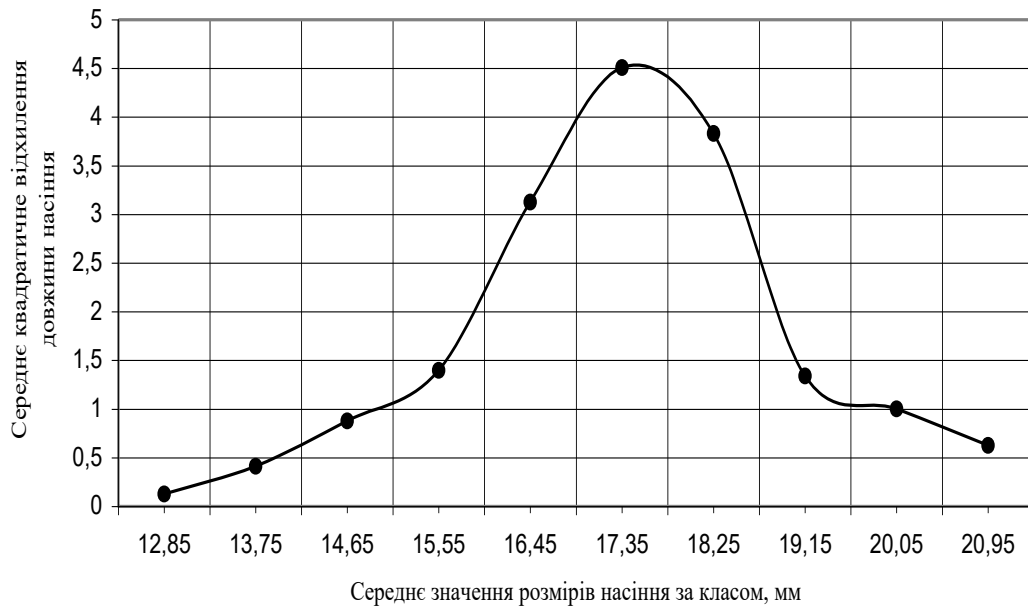


Рисунок 3 - Варіаційна крива розподілу довжин насіння огірків

З аналізу рис. 3 виходить, що варіаційна крива розподілу довжин насіння схожа з кривою нормального розподілу випадкових величин. Згідно основним положенням закону Гауса [6] площа, відповідна якомусь заданому інтервалу відхилень величини, визначається функцією

$$F(l) = \frac{1}{\sigma_l \sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-(l_i - \bar{l}_i)/(2\sigma_l^2)} dl, \quad (4)$$

де σ_l - середнє квадратичне відхилення довжини насіння,

\bar{l}_i - середнє значення довжини насіння за класом,

l_i - довжина насіння за класом.

Проведемо математичні перебудови рівняння (4), при цьому замінимо наступні значення $z = l / \sigma^2 = (l_i - \bar{l}_i) / \sigma^2$, тоді отримаємо наступне рівняння:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-z^2/2} dz. \quad (5)$$

Прийнявши всю площу кривої нормального розподілу рівної 100 %, отримаємо

$$2F(z) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-z^2/2} dz = 1. \quad (6)$$

Функція $2F(z)$ виражає відношення площі, обмеженою кривою і ординатами в інтервалі відхилень $\pm l$, до всієї площі кривої розподілу. Площа, розташована між ординатами $l = \pm 3\sigma_l$, складає 99,73% загальній площі, тому значення $\pm 3\sigma_l$ охоплює практично всі розсіювання розмірів, які слід враховувати.

Провівши математичні перетворення, ми знайшли, що максимум диференціальної функції нормального розподілу дорівнює $\frac{1}{\sigma_l \sqrt{2\pi}}$. Отже, для визначення ширини провітрю решета необхідно знати середнє квадратичне відхилення довжини насіння σ_l і середнє значення довжини за класом \bar{l}_i а також лінійні розміри решета.

Параметри довжини насіння визначають на основі вимірів. Проте вони можуть бути отримані і безпосередньо з діаграми, якщо остання побудована графічним способом по гістограмі (рис. 3).

Просвіт решета визначається як

$$s = \frac{2F(z)}{\pi L}, \quad (7)$$

де s - просвіт решета (деки);

$F(z)$ - відношення площі, обмеженою кривою і ординатами в інтервалі відхилень $\pm l$;

L – відстань між прутками решета.

Використовуючи формулу просвіту для реального решета $s = \sqrt{(t^2 - b^2 / 4)} - \delta / 2$ і формулу (7), отримаємо формулу для оптимальної відстані між прутками:

$$L = \frac{2F(z)}{\pi \cdot (\sqrt{(t^2 - b^2 / 4)} - \delta / 2)}.$$

Термін «решето» використовується незалежно від виду робочої поверхні деки. Отже, для можливості здійснення процесу сепарації, тобто відокремлення фракції насіння від подрібненої маси шляхом просівання їх через отвори деки, необхідний відносний рух маси по поверхні деки, а характер процесу і його якість залежить від великої кількості факторів, частково фізичного характеру, а частково – механічного.

Головна мета сепарації полягає у виділенні з подрібненої маси насінневих плодів, бажано всієї кількості вільного насіння, шляхом просіювання цієї маси крізь решето з отворами відповідного розміру

Для подальшого практичного використання отриманих аналітичних залежностей в практичних інженерних розрахунках необхідно додатково провести експериментальні дослідження механіко-технологічних характеристик насінневих плодів гарбузових і їх подрібненої маси, а також необхідно експериментально визначити коефіцієнт зміни маси при проходженні продукції в технологічній зоні подрібнювально-сепарувального пристрою.

Список літератури

- 1 Анисимов И. Ф. Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур. - Кишинев: Штиинца, 1987. – 33, 73 с.
- 2 Гринь О.М. Механізація виробництва овочів. К.: Урожай, 1990. – 192 с.
- 3 Ю.А. Розанов. Лекции по теории вероятностей. - М.: Наука, - 1986. - 120с.
- 4 О.В. Гольдшмідт. До питання конструкції і конфігурації решет сепаруючих машин в овочівництві. // Миколаїв: Вісник аграрної науки Причорномор'я, вип. 4, 1998. – С. 110-113.
- 5 А.Т.Опря. Математична статистика. - К.: Урожай, 1994. - 188с.
- 6 Севастьянов. Курс теории вероятностей и математической статистики.- М.: Наука,- 1982.- 255с.

Рассмотрен вопрос вероятности прохождения семян тыквенных культур сквозь отверстия деки дробильного устройства. Выбраны оптимальные размеры отверстий деки, необходимой для выполнения технологического процесса выделения семян.

The question of probability passing of seeds pumpkin cultures through opening of sounding board the crush device is considered. The optimum sizes opening of sounding board necessary for implementation of technological process of selection the seeds are chosen.

Одержано 20.08.05