

УДК 311.2:633.843:635.649

ПОШУК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДОРОбКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАСІННЕВОЇ МАСИ ДИНИ ТА ОГІРКА

Пастушенко С.І., д.т.н.,

Херсонський державний аграрний університет

Огієнко М.М., інж.

Миколаївський державний аграрний університет

Тел. +38(0552) – 41-49-50

Анотація – викладено результати проведення аналізу технічного забезпечення процесів доробки технологічної насінневої маси, який проведено з метою найбільш раціонального способу реалізації цих процесів для виділення насіння огірка та дини.

Ключові слова - класифікація обладнання, способи доробки, насіння огірка, в'язкість середовища, робочі органи.

Постановка проблеми. Для отримання високоякісного насінневого матеріалу в технологічному комплексі повинно бути задіяне обладнання, що відповідає вимогам до якості кінцевого матеріалу. Відсутність спеціалізованого устаткування створює необхідність удосконалення існуючих і розробки нових сучасних комплексів машин та обладнання для виділення насіння та доробки технологічної маси насінників.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз відомих наукових розробок, а також вивчення передового досвіду, говорить про те, що існуюче технологічне обладнання ліній виділення і доробки насіння овоче-баштанних культур не задовольняє вимогам сьогодення.

Формулювання мети статті. Постійна увага до покращення рівня технічного забезпечення галузі, дозволить досягти позитивних результатів щодо створення системи машин для насінництва.

Основна частина. Для доробки технологічної насінневої маси овоче-баштанних культур (розділення її основних компонентів та виділення кондиційного насіння) застосовують обладнання з використанням різних способів доробки, вибір якого залежить від стану та виду компонентів в подрібненій масі: кірки і крупних частинок, частинок рівних за розміром з насінням, частинок менших за насіння, а також наявності соку. Нами був проведений аналіз існуючих способів виконання такої тех-

нологічної операції, основні з яких: пневматичний, механічний та гідравлічний. За результатами досліджень сформовано кваліфікаційну схему, що представлена на рис.1. Кожен з цих способів реалізується відповідним типом обладнання за допомогою якого відбувається доочищення та до виділення залишків насіння різних овоче-баштанних культур, в тому числі дині та огірка.

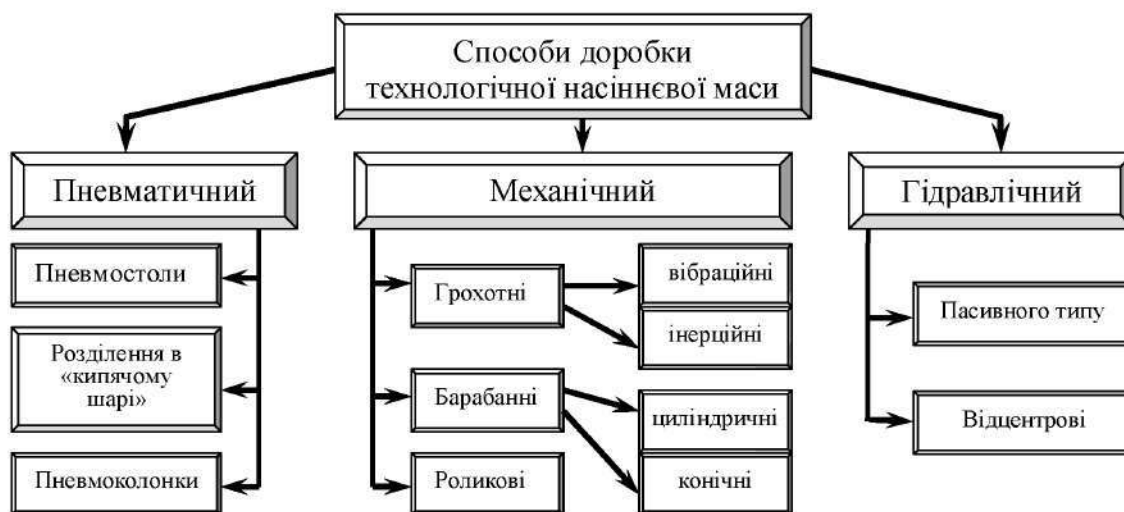


Рис.1. Класифікаційна схема обладнання для доробки технологічної насінневої маси овоче-баштанних культур.

Одним з найпростіших пневматичних сепараторів є аспіраційна колонка, принципова схема роботи якої зображена на рис. 2.

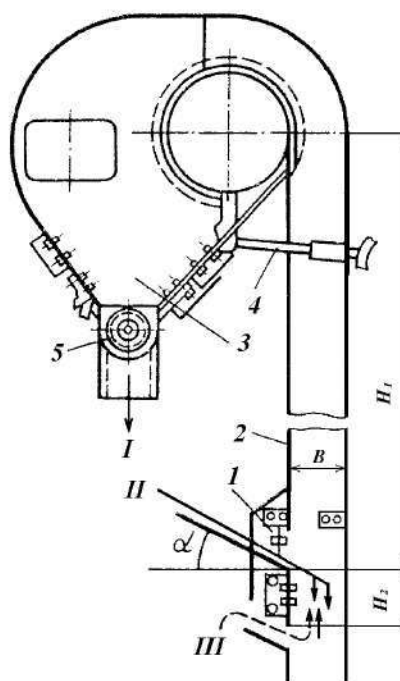


Рис. 2. Пневмосепаруючий канал.

Технологічний процес очищення насіння здійснюється наступним чином. Неочищений насінневий матеріал *II* подається через приймально-розподільний пристрій 1 у пневмосепаруючий канал 2, де на нього діє повітряний потік *III*. За рахунок різниці аеродинамічних властивостей насіння та домішок відбувається сепарація. Насіння по каналу 2 падає вниз, а домішки *I* силою повітряного потоку через пневмосепаруючий канал видаляються в камеру осідання 3, звідки шнеком 5 відбувається їх транспортування із робочої зони.

Ефективність очистки E (%) насіння оцінюють відношенням маси домішок, видалених із насінневої суміші, до маси домішок, що знаходилися у початковій суміші і які можна відділити повітряним потоком. При цьому використовують формулу для підрахунків

$$E = \frac{A(1 - a/100)}{B} 100, \quad (1)$$

де A – маса відходів, кг;

a – склад повноцінного насіння у відходах, % від їх маси;

B – маса домішок у початковій суміші, які можна відділити повітряним потоком, кг.

Значний вплив на ефективність пневмосепарації в аспіраційних колонах на думку А.Б. Демського, М.А. Борискіна, В.Ф. Веденєва чинять фактори: питоме навантаження на канал q ; швидкість повітряного потоку V_B (м/с); ширина каналу B (мм). Для реальних режимів сепарації ці фактори пов'язані з ефективністю пневмосепарації залежністю

$$\eta = 0,5018 - 0,0031 \cdot q + 0,0613 \cdot V_B + 0,0008 \cdot B, \quad (2)$$

де η – показник, що застосовується, якщо ефективність пневмосепарації розраховується не у відсотках, а в частках від одиниці.

На думку А.В. Дуракова [1] більшість обладнання з пневматичним способом розділення мас (пневмостоли, розділення в «кипячому шарі») застосовується, як правило, для очищення злаків і круп'яних культур, оскільки різниця показників аеродинамічних властивостей насіння і домішок є суттєвою.

В овочівництві за рахунок високої вологості (45...55%) неочищеної насінневої суміші, домішки не суттєво відрізняються за своїми аеродинамічними властивостями від насіння, і утворюють з ним нероздільні сполучення, що унеможливує використання пневматичного способу дробки технологічної насінневої маси.

Більш універсальним обладнанням для дробки технологічної насінневої маси є машини з механічним принципом роботи. Наукові

дослідження присвячені їх розробці та удосконаленню проводяться багатьма науковими школами як в Україні, так і за її межами.

Проблеми очищення зернових сумішей за допомогою вібраційної сепарації досліджуються у Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. П.М. Василенка. Їх вирішенню присвячені наукові праці П.М. Заїки, Л.М. Тіщенко, А.І. Завгороднього, Г.Е. Мазнева та інших [2, 3].

Теоретичні дослідження П.М. Заїки в більшості своїй зведені до вирішення двох основних напрямків задач використання ефекту вібраційного переміщення в теорії та практиці вібросепарації [2]. До першого напрямку задач відноситься визначення кінематичного режиму руху решета вібраційної насінноочисної машини, оптимального з точки зору просіювання прохідного компонента насінного матеріалу, де кінематичні режими описуються середньою швидкістю вібраційного переміщення частинки V_{cp} по узагальненій формулі

$$V_{cp} = A \cdot \omega \cdot \cos \beta \cdot \cos \varepsilon \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\varepsilon \cdot Z}{\sin \varepsilon} \right)^2} \left(\frac{2}{\pi} f \cdot \operatorname{tg} \beta (\operatorname{tg} \varepsilon - \varepsilon + \pi / 2) - 1 \right), \quad (3)$$

де A – амплітуда прямолінійних гармонічних коливань площини;
 ω – кругова частота коливання площини;
 β – кут нахилу траєкторії коливань площини;
 ε – напіввізниця фазових кутів;
 f – коефіцієнт тертя ковзання частинки по площині.

Другий напрямок задач відноситься до пошуку ознак можливості розподілу насінних матеріалів по комплексу фізико-механічних властивостей. Де найкращим слід вважати такий матеріал, при дослідженні якого має місце найбільша різниця в граничних кутах підйому компонентів насіння

$$\Delta a_{i \text{ np}} = a_{i \text{ np max}} - a_{i \text{ np min}}, \quad (4)$$

де $a_{i \text{ np max}}$, $a_{i \text{ np min}}$ – максимальний та мінімальний кут підйому компонентів насінного матеріалу.

Питаннями очищення насіння овоче-баштанних культур за допомогою механічних сепараторів присвячені праці І.Ф. Анісімова, Н.М. Лисенка, Е.С. Демидова, К.М. Климова та інших, дослідження яких проводилися на теренах Молдавського науково-дослідного інституту зрошувального землеробства і овочівництва НПО «Дністер». В основному це роботи присвячені сепарації насіння овоче-баштанних культур на циліндричних та конічних сепараторах механічного типу з

використанням водного потоку [4].

Серед поширених агрегатів в яких реалізовується механічний спосіб сепарації подрібненої маси овочевих культур є циліндричні та конічні сепаратори, робочі органи яких зображено на рис. 3.



а) циліндричний; б) конічний
Рис. 3. Робочі органи барабанних сепараторів.

Проаналізувавши роботу цих сепараторів відмітимо, що використання циліндричного робочого органу є більш ефективним, в порівнянні з конічним, за рахунок збільшення величини автоколиваний обробленої маси, які покращують якість відділення насіння від кірки і забезпечуються постійним діаметром по довжині барабана.

Обґрунтуванню теоретичних процесів руху насінної маси в циліндричних барабанах на внутрішній та зовнішній поверхні присвячені праці М.Я. Резніченка [5]. Ним вирішені питання руху насінної маси по циліндричній поверхні барабану від моменту попадання до моменту видалення насіння. Отримано основну диференціальну залежність по визначенню абсолютного руху точки (насінини), яку представлено в такому узагальненому вигляді

$$k = \frac{6f}{1+4f^2} \sin(\pm\alpha) + \frac{2(1-2f^2)}{1+4f^2} \cos(\pm\alpha) + c \cdot e^{2f(\pm\alpha)}, \quad (5)$$

де f – приведений коефіцієнт тертя;

c – постійна інтегрування, яка залежить від початкових умов руху;

e – основа натуральних логарифмів;

α – кут, який визначає положення точки у момент дослідження, рад.

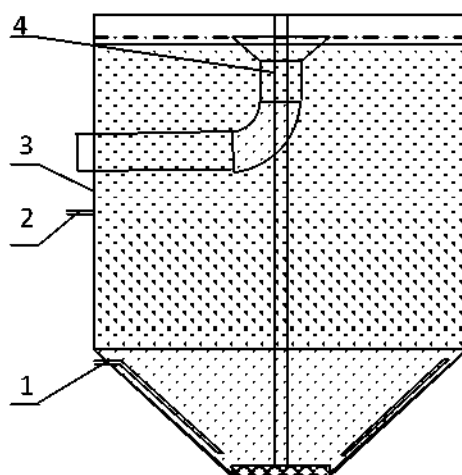
Серед сепараторів механічного способу дії роторні сепаратори мають ряд практичних переваг у порівнянні з вібраційними (горизонтально-гойдаючимися) при отриманні насіння овоче-баштанних культур, основна з яких – відсутність залипання отворів поверхні просіювання. Ковзання подрібненої маси в площині обертання (або близько до неї) з одночасним переміщенням її вздовж осі обертання забезпечує постійне очищення отворів решета. Друга важлива перевага – безшу-

мність роботи та тихохідність. Частота обертання ротора не перевищує 4 рад/с. Мала швидкість обертання, відсутність знакозмінних навантажень забезпечує довговічність їхньої роботи та низьку енергоємність.

Типовою реалізацією гідравлічного способу доробки технологічної насінневої маси є машина з робочими органами (рис. 4) які забезпечують якісний процес відділення насіння в складному рідкому середовищі.

Сепаратор, як невід'ємна частина будь-якої машини і поточної лінії для виділення насіння баштанних культур, є головним вузлом, що визначає продуктивність та величину втрат насіння.

Гідравлічна сепарація в класифікаторах, чи як їх часто називають, в пристроях для мийки насіння, основана на різниці об'ємних мас насіння та відходів і використовується як проміжна операція в процесі доробки щойно виділеного насіння.



1 – барботер; 2 – форсунка для подачі води; 3 – ємність;
4 – зливна воронка.

Рис. 4. Схема розміщення робочих органів гідросепаратора.

Для дослідження процесів, що протікають у гідросепараторах проводиться дослідження в'язкості складного рідкого середовища, процесу барботації, кавітації та флотації, які мають найбільший вплив на якісні та кількісні показники роботи машин.

В'язкість обумовлює появу сил опору, які називаються силами внутрішнього тертя або просто силами в'язкості. При ламінарному перебігу рідини (стіканню шарами) сила внутрішнього тертя в роботах Дж. Хаппеля та Г. Бренера [6] пропорційна градієнту швидкості в напрямлені перпендикулярному шару

$$f = \eta \cdot \text{gradu}, \quad (6)$$

де f – сила, віднесена до одиниці площі шару;

u – швидкість рідини;

η – коефіцієнт пропорційності (динамічна в'язкість).

Коефіцієнт динамічної в'язкості η визначає швидкість передачі імпульсу від одного шару іншому. В.І. Трофимов визначає швидкість вирівнювання прискорення потоку коефіцієнтом кінематичної в'язкості [7]

$$v = \frac{\eta}{\rho}, \quad (7)$$

де ρ – густина рідини.

Густина середовища, що складається з n компонентів визначається співвідношенням Л. Прандтля [8]

$$\rho = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \rho_i, \quad (8)$$

де ε_i – відносний вміст компоненту;

ρ_i – густина компоненту;

i – номер компоненту.

В сьогоденні не існує аналітичних співвідношень, що визначають в'язкість складного середовища, їх можна визначати лише експериментально.

В.Я. Шкадов, З.Д. Запрянов підрозділяють методи вимірювання в'язкості на дві групи: стаціонарні (капілярного витікання, циліндрів, що обертаються, падаючої кульки); нестаціонарні (методи, засновані на дослідженні крутильних коливань системи; вібраційний метод).

Найбільш простим для вимірювання в'язкості складних рідких середовищ є метод падаючої кульки. Звичайно цей метод застосовується для прозорих і досить в'язких середовищ. Він заснований на дослідженні падіння кульки радіусу a_0 в рідині, поміщеній в циліндричну скляну посудину радіусу R і висоти H . При ламінарному обтіканні сферичного тіла в'язкою рідиною сила опору руху кульки визначається законом Стокса [9]

$$F = 6\pi a_0 u \eta. \quad (9)$$

Із зростанням швидкості падіння кульки (збільшенням числа Re) сила опору за твердженням Л.Д. Ландау і Е.М. Лифшица визначається рівнянням [10]

$$F = c \cdot w \cdot \rho \frac{u^2}{2}, \quad (10)$$

де c – коефіцієнт опору, залежний від числа Re ;

w – площа поперечного перетину тіла. (Для кульки $w = \pi a^2$).

Проте практичне використання методу вимагає попереднього теоретичного дослідження, пов'язаного з визначенням закону опору (9), (10) і з виходом на стаціонарний режим падіння з постійною швидкістю $u = u_0 = const$. Дослідження падіння кульки в даному випадку має додаткове значення, пов'язане з моделюванням падіння насіння в рідкому середовищі.

Таким чином, метод падіння кульки в рідкому середовищі, з одного боку, є методом визначення в'язкості складного середовища, а з іншого боку, являється модельним завданням падіння насіння дині (огірка).

Аналізуючи гідравлічний спосіб можна стверджувати, що він повинен використовуватися для завершальної технологічної операції доробки – відмивання насіння. З метою інтенсифікації і підвищення якості процесу доробки технологічної маси овоче-баштанних культур потрібно комбінувати різні способи сепарації, наприклад гідравлічний і пневматичний. При цьому робочі органи, що реалізують пневматичний спосіб доробки забезпечують інтенсивне тертя шарів рідини за рахунок барботації, що дає можливість прискорити розмивання слизу і желатиноподібної плівки до стану клітковини і соку, та забезпечити найкращу очистку насіння. Власне барботування включає три стадії: утворення бульбашок барботерами, спливання бульбашок, механічне перемішування рідини і складових, що знаходяться в ній. До явищ, супроводжуваних барботування, відносяться кавітація і флотація [11].

Висновки. На підставі аналізу літературних джерел та проведеного огляду існуючих способів доробки технологічної насінневої маси овоче-баштанних культур можна зробити висновок, що зважаючи на фізико-механічні властивості та вологість оброблюємої маси, найбільш перспективним рішенням проблеми підвищення якості та повноти виділення насіння дині і огірка є комплексний підхід, що реалізує обладнання з механічним способом сепарації (для довиділення залишків насіння з технологічної маси, яка раніше надходила на утилізацію), а також комбінованим гідро-пневматичним способом сепарації (для підвищення якості відмивання насіння та відокремлення некондиційних насінин).

Механічний спосіб доробки за допомогою циліндричного роторного сепаратора дає можливість найбільш раціонально використати інерційні властивості подрібненої кірки із залишками насіння, а його

енергетична ефективність може бути підсилена шляхом відповідного нахилу осі сепаратора до горизонту, що дозволяє мінімізувати енергетичні витрати на переміщення технологічної маси.

Комбінація гідравлічного та пневматичного способів сепарації насіння дозволить по-перше, забезпечити відділення насіння від мезги, соку та інших включень за рахунок різниці їх об'ємних мас, по-друге, відділити повноцінне насіння що має більшу щільність ніж технологічна рідина та занурюється у нижній шар сепаратора, від відходів які піднімаються у верхній шар та видаляються крізь зливну воронку, по-третє, покращити відмивання насіння від слизу і желеподібної плівки за рахунок інтенсифікації тертя шарів рідини під час продувки крізь неї повітряного потоку.

Література

1. *Медведев В. П.* Механизация производства семян овощных и бахчевых культур / *В. П. Медведев, А. В. Дураков.* – М. : Агропромиздат, 1985. – 320 с.
2. *Заика П. М.* Движение семян на рабочей плоскости вибрационной семяочистительной машины при наличии ударов и полетов / *П. М. Заика, Ю. А. Манчинский* // Вопросы механизации сельского хозяйства : сб. науч. тр. – Х. : ХГТУСХ, 1996. – С. 47–53.
3. *Тищенко Л. Н.* К исследованию динамики зернового потока на внутренней поверхности вертикального цилиндрического виброцентробежного решета / *Л. Н. Тищенко* // Сучасні проблеми землеробської механіки : матеріали 3-ї наук. практ. конф. – Миколаїв : МДАУ, 2002. – Т. 2. – С. 144–154.
4. *Анисимов И.Ф.* Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур / *И.Ф. Анисимов.* - Киш. : Штиинца, 1987.
5. *Резниченко М. Я.* Цилиндрические барабаны зерноочистительных машин / *М. Я. Резниченко.* – М. : Машиностроение, 1964. – 215 с.
6. *Хатпель Дж.* Гидродинамика при малых числах Рейнольдса / *Дж. Хатпель, Г. Бренер* ; пер. с англ. – М. : Мир, 1976. – 630 с.
7. *Трофимова В. И.* Курс физики : учеб. пособ. для вузов / *В. И. Трофимов.* – 5-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 1998. – 542 с.
8. *Прандтль Л.* Гидроаэромеханика / *Л. Прандтль* ; пер. с нем. – М., 1949.
9. *Алтишуль А. Д.* Гидравлика и аэродинамика / *А. Д. Алтишуль, П. Г. Киселев.* – М. : Стройиздат, 1965. – 274 с.
10. *Ландау Л. Д.* Гидродинамика / *Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц.* – М. : Наука, 1886. – 736 с.
11. *Чичинадзе А. В.* Основы трибологии : учебник для техн. ву-

зов / А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 2001.

**ПОИСК ЭНЕРГОЭФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДОРАБОТКИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕМЕННОЙ МАССЫ ДЫНИ
И ОГУРЦА**

Пастушенко С. И., Огиенко Н. Н.

Аннотация - изложены результаты проведения анализа технического обеспечения процессов доработки технологической семенной массы, проведенного с целью наиболее рационального способа реализации этих процессов для выделения семян огурца и дыни.

**ENERGY-EFFICIENT SOLUTIONS SEARCH TECHNICAL
SUPPORT TECHNOLOGICAL PROCESSES MODIFICATION
SEED WEIGHT MELONS AND CUCUMBERS**

S. Pastushenko, N. Ogienko

Summary

The results of the analysis of procurement processes of the technological portfolio of seed mass, which conducted the most efficient way to implement these processes for the selection of seeds of cucumber and melon.