

Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції  
Processing and storage of agricultural products

УДК 631.362:53

## Спосіб підвищення ефективності просіювання насіннєвих сумішей гарбузу та кабачків на решетах

Л.М. Тіщенко, С.О. Харченко, Ф.М. Харченко, М.В. Бакум, М.М. Абдуєв, М.М. Шитів

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
ім. П. Василенка (м. Харків, Україна)*

В роботі проаналізовані перспективи поліпшення просіювання насіннєвих сумішей гарбузу та кабачків. Встановлено, що існуючі способи мають недостатню продуктивність та якість очищення та розділення, високі металоємкості та енергоємності. Поширеними машинами є пневмосортувальні столи та пневмосепаратори, які внаслідок вище перелічених недоліків не можуть задовільнити сучасне виробництво. При цьому існуючі решітні віброрешети мають потенціал з точки зору продуктивності та енергоємності. Однак серійні решета з круглими та поздовжніми отворами не можуть забезпечити необхідну якість та продуктивність просіювання насіннєвих сумішей кабачків та гарбузів. Тому робота направлена на пошук рішення цього актуального питання. Аналізом існуючих способів поліпшення просіювання сипких середовищ встановлено, що використання інтенсифікаторів та активаторів просіювання на віброрешетах є перспективним та ефективним. Досвід використання віброрешіт з прямокутними об'ємними активаторами для просіювання зернових сумішей кукурудзи, що підтверджений теоретичними та експериментальними дослідженнями, дозволяє прогнозувати аналогічне підвищення ефективності просіювання при розділенні насіння плоскої форми. Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити розмірні характеристики насіннєвих сумішей гарбузу та кабачків. Встановлені варіаційні криві основних розмірів насіння: довжини, товщини та ширини, які дозволили визначити їх діапазони варіювання. Ураховуючи отримані діапазони визначено орієнтовні параметри решіт з об'ємними активаторами для насіннєвих сумішей гарбузу та кабачків. Подальші теоретичні та експериментальні дослідження дозволять перевірити рішення даного способу та оптимізувати конструктивно-кінематичні параметри розроблених решіт для насіння гарбузу та кабачків.

**Ключові слова:** ефективність просіювання, фізико-механічні властивості, насіння гарбузу і кабачків, решета.

**Постановка проблеми.** Збільшення виробництва продукції рослинництва в Україні до 71 - 80 млн.т. [1] напряму пов'язано з використанням сучасних енергоощадних та екологічних технологій [2] використанням сучасної техніки [3, 4], впровадженням сівозмін тощо. Такі заходи дозволять підвищити коефіцієнт реалізації біопотенціалу [5], збільшити валове виробництва продукції рослинництва. Таким чином питання щодо підвищення ефективності післязбиральної обробки, підготовки насіннєвого матеріалу овочевих культур є вельми актуальним.

Забезпеченість власним насіннєвим матеріалом овочевих та баштанних культур в Україні складає 60 - 80%, що пов'язано перш за все відсутністю високопродуктивного механізованого обладнання [6]. До того існуюча техніка та технологічні лінії морально і фізично застаріли. Бі-

льшість були розроблені і поставлені на виробництво в кінці 80-х, на початку 90-х років. При фактичній наявності в Україні 25 тис. зерноочисних машин, більше 80% з них відпрацювала амортизаційний строк, а щорічно підлягає ремонту близько 16 тис. од. [1].

Існуючі технологічні лінії не дозволяють отримати насіння, яке відповідає вимогам діючих державних та світових стандартів: втрати насіння досягають 6 - 7%; чистота насіннєвого матеріалу не перевищує 80% [6]. При цьому матеріалоємність та енергоємність технологічного обладнання не відповідає кращим світовим зразкам.

Таким чином, є актуальна проблема, яка полягає у відсутності парку зерноочисної техніки, яка за своїми експлуатаційними показниками не відповідає вимогам сучасного АПК України.

**Аналіз відомих досліджень.** В результаті проведеного аналізу також визначено, що одним з розповсюджених способів розділення ЗС та підготовки насінневого матеріалу гарбузу є сортування за різницею питомої ваги. У більшості випадків використовують пневмосортувальні столи, але недоліком їх є низька продуктивність та висока енергоємність. Більш ефективними є використання горизонтального [7] повітряного потоку, або у комбінації з циліндричною сепаруючою поверхнею ЗАВ-40.02.000 [8]. Однак дані рішення не дозволяють забезпечити необхідну продуктивність та якість просіювання.

Використання серійних решіт з круглими та поздовжніми отворами не дає також необхідної ефективності. Внаслідок плоскої форми насіння гарбузу та кабачків просіювання на серійних решетах має низьку ефективність. Домішки проходять разом з насінням через круглі отвори при розділенні суміші за шириною. При використанні решіт з поздовжніми отворами більшість насіння йде сходом бо не має можливості обернутися та просіятися за товщиною. Це призводить до повторних пропусків, що знижує продуктивність процесу просіювання та веде до травмування насіння.

Додатковий світовий попит в якісному насінні гарбузу спричинений цілющими властивостями продукту його переробки – олії. Олійність насіння тикви, яку наприклад імпортує Австрія, може доходити до 50% [9].

**Метою виконаної роботи** є пошук перспективного способу підвищення ефективності процесу просіювання насінневих сумішей гарбузу та кабачку, на підставі аналізу їх розмірних характеристик.

**Основна частина.** Просіюванням та сепарацією сипких середовищ, зернових сумішей тощо, займалися вчені Тіщенко Л.М. [10], Заїки П.М. [11], Ольшанский В.П. [12] та ін. Успішні конструктивні рішення для сепарації ЗС різних с.г. культур, які були створені академіком Тіщенко Л.М. та його науковою школою, реалізовані шляхом впровадження решіт з інтенсификаторами або активаторами просіювання. Так, з метою підвищення ефективності просіювання ЗС кукурудзи запропоновано та експериментально перевірено використання решіт з прямокутними об'ємними активаторами просіювання [13 - 15]. Принцип дії розроблених решіт полягає в активізації просіювання шляхом орієнтування насіння на об'ємних активаторах виконаних у вигляді рифлів (рис. 1).

Розроблені математичні моделі процесів просіювання ЗС на плоских [16, 17] та циліндричних [18, 19] віброрешетах з активаторами дозволили визначити їх раціональні конструктивно-кінематичні параметри для насіння кукурудзи.

При цьому експериментально доведено [20], що ефективність просіювання залежить від форми насіння. Для урахування впливу форми насіння введено коефіцієнт площини, який визначається відношенням ширини насіння до товщини. Встановлено, що збільшення коефіцієнту площини кукурудзи до 2,1 підвищує повноту розділення (просіювання) за рахунок використання розроблених решіт з об'ємними активаторами до 30%. Навпаки зменшення коефіцієнту площини (ширина майже дорівнює товщині) знижує повноту розділення на даних решетах.

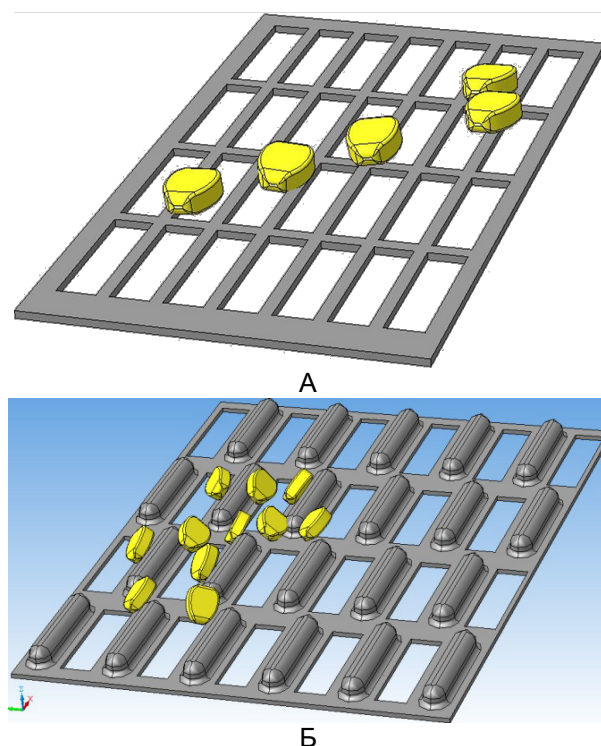


Рис. 1. Загальний вигляд серійних (А) і розроблених з об'ємними активаторами просіювання (Б) решіт для сепарування насіння кукурудзи

Таким чином, зроблено висновок що чим більше плоске насіння, тим більше підвищується повнота розділення. Для реалізації мети, після аналізу способів підвищення ефективності просіювання необхідно перш за все визначити розмірні характеристики насіння.

Аналогія з дослідженнями просіювання ЗС кукурудзи на решетах з активаторами просіювання свідчить, що вихідними факторами впливу на ефективність просіювання є розмірні характеристики насіння.

В якості об'єктів досліджень обрано навіски насінневих сумішей гарбузу та кабачків врожаю 2015 року. Досліджували насінневу суміш гарбузу сорту Волжська сіра з характеристиками: вологість 5,5%, середня вага плоду 7 - 9 кг, вага

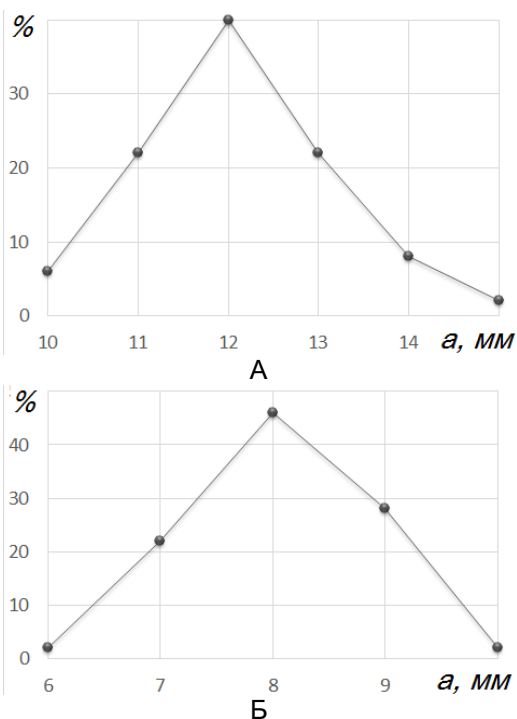
1000 насінин - 285 г., щільність насіння 360 кг/м<sup>3</sup>. Також дослідували насіння кабачків сорту Кашник з характеристиками: вологість 5,2%, середня вага плоду 2,5-4 кг, вага 1000 насінин - 135 г., щільність насіння 450 кг/м<sup>3</sup>.

За допомогою розробленої методики, обладнання та програмного забезпечення «ImgToVal» [21] проводили вимірювання розмірних характеристик насіння гарбузу та кабачків. Точність вимірювання розробленого комплексу обрано до четвертого знаку. Отримані середні розміри насіння представлені в табл. 1, а варіаційні криві на рис. 2 - 4.

**Таблиця 1.** Середні розміри насіння гарбузу і кабачків

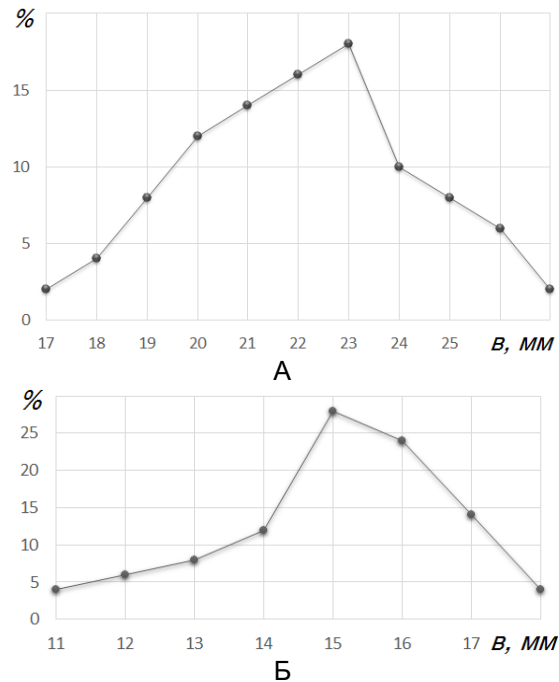
Кількість насінин, шт.	Ширина, А (мм)	Довжина, В (мм)	Товщина, С (мм)	Коефіцієнт площини, Кп
100	Насіння гарбузу			
	12,1763	22,5423	4,0225	3,028
100	Насіння кабачків			
	8,2724	15,2388	2,6062	

Параметр, за яким відбувається розділення насіння гарбузу та кабачків, обрано товщину. Причому з відомих досліджень встановлено, що товщина насіння тикви найбільш тісно пов'язана з абсолютною вагою [22].



**Рис. 2.** Варіаційні криві ширини насіння гарбузу (А) і кабачків (Б)

Одержані варіаційні криві розмірів (рис.2 - 4), а у подальшому і розподіл коефіцієнтів площини (рис. 5) насіннєвих сумішей гарбузу та кабачків пояснюють причину низької ефективності їх решітного просіювання. Плоске насіння цих культур не має змогу просіятися через отвори по товщині без додаткового їх орієнтування.



**Рис. 3.** Варіаційні криві довжини насіння гарбузу (А) і кабачків (Б)

Встановлені діапазони варіювання розмірів насіння гарбузу: довжина 17 - 27 мм, ширина 10 - 15 мм, товщина 2 - 6 мм. Діапазони варіювання розмірів кабачків склали: довжина 11 - 18 мм, ширина 6 - 10 мм, товщина 1 - 4 мм.

Одержані в [20] діапазони коефіцієнтів площини кукурудзи складають  $K_p = 1,13 - 2,08$ . При цьому максимальна повнота розділення одержана при максимальних коефіцієнтах площини насіння на розроблених решетах з активаторами просіювання.

Таким чином, збільшення коефіцієнту площини насіння призводить до підвищення повноти розділення – ефективності просіювання насіння. У випадку з насіннєвими сумішами гарбузу та кабачків експериментально встановлені діапазони коефіцієнтів насіння гарбузу –  $K_p = 1,5 - 4,5$ ; насіння кабачків –  $K_p = 2 - 4,5$ . Встановлені коефіцієнти площини даного насіння передбачають суттєве підвищення ефективності просіювання за рахунок використання решіт з об'ємними активаторами. Але для повного аналізу необхідно врахувати ширину насіння.

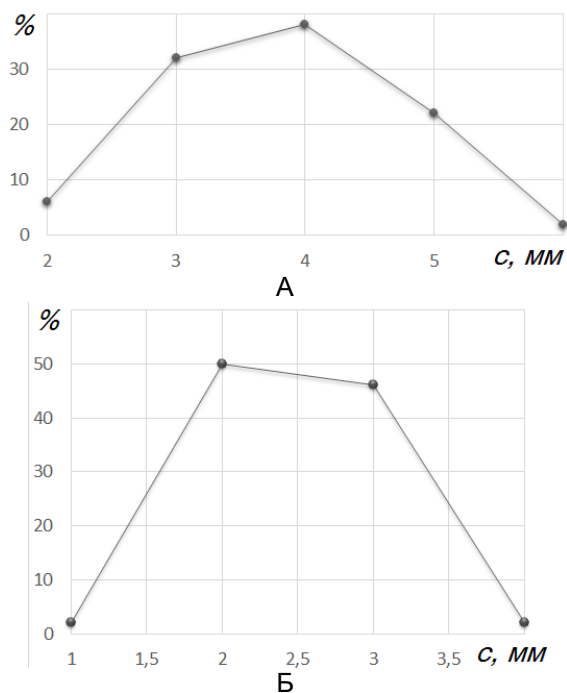


Рис. 4. Варіаційні криві товщини насіння гарбузу (А) і кабачків (Б)

На орієнтацію насінини в отвори впливають параметри активатора (рифлу): висота, ширина, крок та порядок розташування.

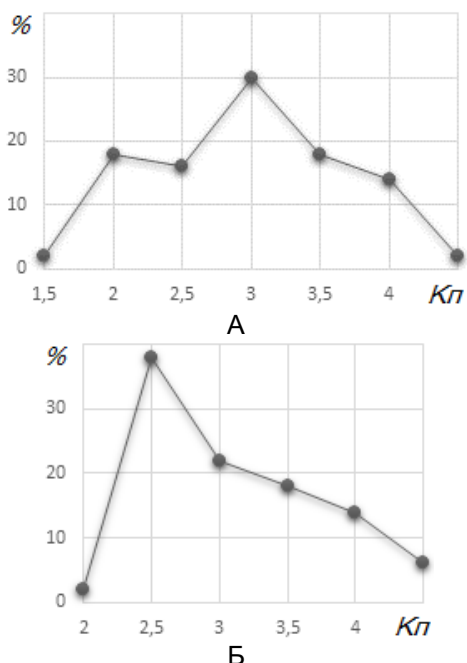


Рис. 5. Варіаційні криві коефіцієнту площини насіння гарбузу (А) і кабачків (Б)

Виробничі можливості виготовлення подібних активаторів, на досвіді досліджень решіт для

розділення насіння кукурудзи, свідчать: форма рифлів є заокруглена, спочатку штампуються рифли, потім пробиваються отвори.

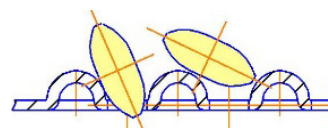


Рис. 6. Схема динаміки насіння гарбузу та кабачків на решета з об'ємними активаторами

Слід також відміти, що недостатня висота активаторів, у випадку розділення занадто плоского насіння, може привести до того що насінина навпаки за рахунок зміни центру тяжіння буде дезорієнтуватися з отворів. Протилежний випадок значене підвищення висоти активатора призведе до утворення опору руху насіння по решету, що спричинить зменшення продуктивності.

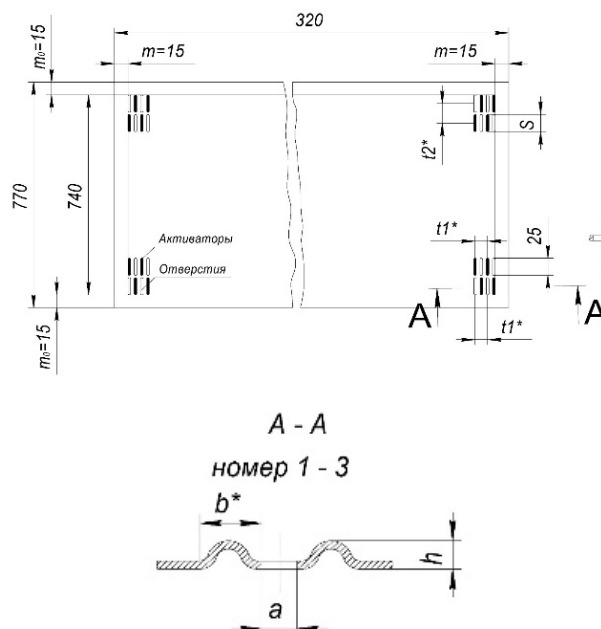


Рис. 7. Креслення розробленого решета з активаторами просіювання

Таким чином, встановлено перелік факторів що впливають на ефективність просіювання плоского насіння на решетах: конструктивні параметри активаторів: висота та ширина отворів; сепарувальний розмір – товщина насіння; коефіцієнти площини насіння; ширина насіння; крок та порядок розташування активаторів.

Для визначення діапазону варіювання висоти активатора ураховано ширину насіння, кут тертя насінини, розмір отвору та міжцентрову відстань активатора і отвору (рис. 6, 7). Кут тертя насіння тикви по оцинкованому залізу складає  $33 - 34^\circ$  [9], але слід також врахувати динаміку

та наявність вібрації. Враховуючи, в тому числі інші фактори, встановлено діапазони варіювання висот активаторів для насіння, що досліджувалося (табл. 2).

**Таблиця 2.** Діапазони рекомендованих конструктивних параметрів розробленого решета

Розмір отвору (a), мм	Розміри активатора (мм):			Крок, мм	
	висота (h)	ширина (b*)	довжина (S*)	t1*	t2*
2 - 4	3 - 6	5 - 10	20 - 25	10 - 14	25 - 30

\* - розміри, які забезпечуються робочим інструментом при виробництві решета

Отримані діапазони конструктивних параметрів розробленого решета потребують подальшого теоретичного та експериментального обґрунтування, визначення залежностей ефективності просіювання від властивостей насіннєвих сумішей.

#### Висновки.

1. Отримані експериментальні значення розмірних характеристик насіннєвих сумішей гарбузів і кабачків дозволили провести аналогію з просіюванням плоского насіння кукурудзи на розроблених решетах з об'ємними активаторами.

2. Визначені фактори впливу на ефективність просіювання насіння гарбузу та кабачків, які є плоскої форми, встановлені діапазони варіювання основних конструктивних параметрів активаторів просіювання.

3. Подальші експериментальні та теоретичні дослідження дозволять визначити раціональні параметри процесу просіювання насіннєвих сумішей гарбузів та кабачків, встановити залежності ефективності просіювання від їх властивостей та параметрів решета.

4. Отримані результати рекомендуються для дослідження при розробці технологічного обладнання, уточнення їх режимів роботи при післязбиральній обробці, переробці і підготовки насіннєвого матеріалу гарбузів і кабачків.

#### Література

1. Програма «Зерно України – 2015». – К.: ДІА, 2011. – 48 с.
2. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія / Л.М. Тищенко, С.І. Корнієнко, С.О. Харченко та ін.: за ред. Л.М. Тищенка // Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка. // За ред. Тищенка Л.М., Корнієнка С.І. – Харків: ХНТУСГ, 2015, – 273 с.

3. Каталог сільськогосподарської техніки / Л.М. Тищенко, В.І. Мельник, С.О. Харченко та ін.. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – 450 с.

4. Машина, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки і зберігання зернових культур / Кравчук В.І., Тищенко Л.М., Харченко С.О. та ін.. – Київ: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 224 с.

5. Ковтун Ю.І. Обережно: насіння! / Ю.І. Ковтун, С.О. Харченко // Агробізнес сьогодні. – №15 - 16(238 - 239). – 2012. – С. 32 - 34.

6. Гольдшмідт О.А. Розробка і обґрунтування технологічних параметрів сепаратора насіння баштаних культур / автореф. канд. техн. наук. – 05.20.01 «Механізація сільськогосподарського виробництва». – Сімферополь: Кримський державний аграрний університет, 2000. – 20 с.

7. Єрмак В.П. Класифікація засобів сепарації та конструкцій машин для відбору насіння з високими посівними властивостями / В.П. Єрмак, Є.В. Богданов, А.А. Ільченко // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: ЛНАУ, 2012. – №35. – С. 127 - 132.

8. Безручкін І.П. Очистка зернового матеріала центробежно-пневматическим сепаратором / І.П. Безручкін, Е.Г. Баженов, В.В. Попов // Исследование рабочих процессов и органов машин для уборки зерновых культур и послеуборочной обработки зерна. Труды ВИСХОМ. – Вып. 57. – М.: ВИСХОМ, 1969. – С. 301 - 320.

9. Деревинко В.В. Физико-механические и аэродинамические характеристики семян тыквы // Процессы и аппараты пищевых производств. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО Институт холода и биотехнологий, 2010. – №. 1. – С. 161 - 166.

10. Моделирование процессов зерновых сепараторов: монографія / Л.Н. Тищенко, Д.І. Мазоренко, М.В. Пивень, С.А. Харченко, В.В. Бредихин, А.В. Мандрыка. – Х.: Міськдрук, 2010. – 360 с.

11. Заика П.М. Вибрационные зерноочистительные машины. Теория и расчет. – М.: Машиностроение, 1967. – 144 с.

12. Тищенко Л.Н. Виброрешетная сепарация зерновых смесей / Л.Н. Тищенко, В.П. Ольшанский, С.В. Ольшанский – Харьков: «Міськдрук», 2011. – 280 с.

13. Нові можливості при сепаруванні насіння кукурудзи / Л.М. Тищенко, С.О. Харченко, Ф.М. Харченко, В.М. Пуха, М.Г. Пастушенко // Посібник українського хлібороба. Селекція і насінництво польових культур. – Том. 2, 2012. – С. 338 - 339.

14. Моделирование динамики зерновой смеси при сепарировании на рифленном решете вибросепаратора / Л.Н. Тищенко, В.П. Ольшанский

шанский, Ф.М. Харченко, С.А. Харченко // Инженерия природокористування. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – № 2 (2). – С. 54-61.

15. Вирішення проблеми калібрування насіння кукурудзи / Тищенко Л.М., Харченко С.О., Харченко Ф.М., Пастушенко М.Г., Пуха В.М. // Хранение и переработка зерна. – №12(150). – 2011. – С.40 - 41.

16. Харченко С.А. Построение решений уравнений динамики зерновых смесей на плоских виброрешетах / С.А. Харченко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 43, ч. II. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С. 287 - 292.

17. Харченко С.А. Результаты математического моделирования динамики псевдоожиженной зерновой смеси на плоском структурном виброрешете / С.А. Харченко // Вестник БГАТУ: МНПК «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК», 2014. – Секция 2. – С.251 - 258.

18. Kharchenko S. Modeling the dynamics of the grain mixtures with the screening on cylindrical vibrating sieve separators // ТЕКА. Commission of

motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszow, 2015. – Vol. 15, № 3. – P.87 - 93.

19. Теория осесимметрических движений кольцевого зернового слоя внутри цилиндрического виброрешета / С. Харченко, Л. Тищенко, Ю. Борхаленко // MOTROL «Motorization and power industry in agriculture». – Lublin-Rzeszow, 2015. – Vol. 17, № 7. – P. 73 - 81.

20. Нові можливості сепарації та калібрування зерна. Очищення та калібрування кукурудзи / Л. Тищенко, С. Харченко, Ф. Харченко, О. Василенко, В. Пуха // Пропозиція. – 2016. – №1. – С.94 - 98.

21. Спосіб визначення розмірів насіння: Патент на КМ: 101069 У Україна, МПК G01B 11/00, G01B 11/02 / Тищенко Л.М., Харченко С.О., Харченко Ф.М., Бакум М.В., Абдуев М.М., Борц Ю.П., Коршунов К.С. (Україна). – u2015 01890; Заявл. 03.03.15; Опубл. 25.08.2015, Бюл. №16. – 4 с.

22. Подготовительные процессы переработки масличных семян / Под ред. В.В. Белобородова. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 336 с.

## Аннотация

### Способ повышения эффективности просеивания семенных смесей тыквы и кабачков на решетках

Л.Н. Тищенко, С.А. Харченко, Ф.М. Харченко, Н.В. Бакум, М.М. Абдуев, М.Н. Шитив

В работе проанализированы перспективы улучшения просеивания семенных смесей тыквы и кабачков. Установлено, что существующие способы имеют недостаточную производительность и качество очистки и разделения, высокие металлоемкости и энергоемкости. Распространенными машинами являются пневмосортировальные столы и пневмосепараторы, которые из-за вышеперечисленных недостатков не могут удовлетворить современное производство. При этом существующие решетчатые вибросепараторы имеют потенциал с точки зрения производительности и энергоемкости. Однако серийные решета с круглыми и продолговатыми отверстиями не могут обеспечить необходимые качество и производительность просеивания семенных смесей кабачков и тыквы. Поэтому работа направлена на поиск решений этого актуального вопроса. Анализом существующих способов улучшения просеивания сыпучих сред установлено, что использование интенсификаторов и активаторов на виброрешетах есть перспективным и эффективным. Опыт использования виброрешет с прямоугольными объемными активаторами для интенсификации просеивания зерновых смесей кукурузы, который подтвержден теоретическими и экспериментальными исследованиями, позволяет прогнозировать аналогичное повышение эффективности просеивания при разделении различных семян плоской формы. Проведенные экспериментальные исследования позволили определить размерные характеристики семенных смесей тыквы и кабачков. Установлены вариационные кривые основных размеров семян: длина, толщина и ширина, которые позволили определять их диапазоны варьирования. Учитывая полученные диапазоны определены ориентировочные параметры решет с объемными активаторами для семенных смесей тыквы и кабачков. Дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования позволят проверить решение данного способа и оптимизировать конструктивно-кинематические параметры разработанных решет для семян тыквы и кабачков.

**Ключевые слова:** *эффективность просеивания, физико-механические свойства, семена тыквы и кабачков, решета.*

**Abstract****A method for improving the efficiency of screening pumpkins and courgettes seed mixtures on the sieves****L.M. Tishchenko, S.O. Kharchenko, F.M. Kharchenko, M.V. Bakum, M.M. Abduev, M.M. Shitiv**

In the work analyzed the prospects for improving the sieving pumpkins and courgettes seed mixtures. It has been established that existing methods lack the performance and quality of cleaning and separation, high intensity and energy intensity. Most common machines are air sorting tables and air classifiers, which due to the above listed shortcomings cannot meet modern production. The existing sieves vibroseparators have potential in terms of performance and power consumption. But serial sieves with round or elongated-holed screens may not ensure the necessary quality and performance sifting seed mixtures, courgettes and pumpkins. Therefore, the work aims to find solutions to this urgent question. Analysis of existing ways to improve screening of granular environment found that usage of intensifiers and activators on vibrosieves there are promising and effective. Experience of using vibrosieves with rectangular volume activators for intensification of sifting grain mixes corn, which is confirmed by the theoretical and experimental research, predicts a similar increase in the effectiveness of the screening when the separation of various seeds flat form. Conducted experimental research made it possible to identify the dimensional characteristics of seed mixtures, pumpkins and courgettes. Installed variation curves of the main dimensions of seed: length, thickness and width, which made it possible to determine their ranges of variation. Given the ranges obtained defined benchmarks sieves with volume activators to seed mixtures, pumpkins and courgettes. Further theoretical and experimental research will test the solution this way and optimize the structural and kinematical parameters designed sieves for pumpkin seeds and courgettes.

**Keywords:** *screening efficiency, physical and mechanical properties of pumpkin seeds and courgettes, sieve.*

---

**Представлено від редакції: В.І. Пастухов / Presented on editorial: V.I. Pastukhov**

**Рецензент: В.П. Ольшанський / Reviewer: V.P. Ol'shans'kyj**

*Подано до редакції / Received: 28.03.2016*