

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІБРОФРИКЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА ПРИ ПІДГОТОВЦІ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ ГІРЧИЦІ

О.В. Козаченко¹, Е.Б. Алієв², М.В. Бакум¹,
А.Д. Михайлов¹, М.М. Кречот¹

¹Державний біотехнологічний університет

²Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України

Метою роботи є дослідження можливості підвищення посівних якостей насіннєвого матеріалу гірчиці за рахунок його доочищення та сортування на віброфрикційному сепараторі з неперфорованими фрикційними робочими поверхнями. У статті представлено результати сепарації насіннєвого матеріалу гірчиці на віброфрикційному сепараторі після його попереднього очищення. За один пропуск насіннєвого вороху через вібросепаратор отримано $16,9 \pm 0,2$ % від маси вихідного матеріалу, насіннєвого матеріалу (перша фракція), що відповідає вимогам державного стандарту до оригінального насіння і $56,9 \pm 0,2$ % матеріалу (друга і третя фракції), який відповідає вимогам до кондиційного насіння I–III репродукції.

Ключові слова: віброфрикційний сепаратор, насіння, фракції, гірчиця.

Вступ. Посушливе літо останніх років негативно впливає як на розвиток посівів сільськогосподарських культур, так і на формування урожаю та його якості. Зібрана зернова частина урожаю більшості сільськогосподарських культур містить значну кількість щуплого, невиповненого насіння, яке суттєво відрізняється як за абсолютною масою, так і за розмірами та посівними якостями. Крім того на посівах сільськогосподарських культур з різних причин з'являються як падалишні сходи культур, що вирощувались у попередні сезони, так і бур'яни, характерні для конкретних полів. У результаті зростає засміченість не лише посівів, а й зібраної частини урожаю, що суттєво ускладнює її післязбиральну обробку, особливо підготовку посівного матеріалу (Aliev et al. 2018, Aliiev 2019, Aliiev et al. 2019).

Тому однією із обов'язкових задач післязбиральної обробки насіннєвих матеріалів є додаткове сортування з відокремленням у посівну фракцію виповненого, повністю сформованого насіння, яке забезпечить не лише формування повноцінних ростків та отримання високих врожаїв першого покоління, а й запобігання виродженню сортів (Zaika et al. 1978, Zaika et al. 2005, Drincha 2006, Casandroi et al. 2009, Douik A et al. 2010, Chhabra M et al. 2011).

Основну частину існуючих технологічних ліній для післязбиральної обробки як зернової частини урожаю сільськогосподарських культур, так і їх посівного матеріалу складають повітряно-решітно-трієрні насіннеочисні машини. Тому для підготовки високоякісного посівного матеріалу сільськогосподарських культур, в тому числі і гірчиці, необхідно вдосконалювати існуючі технологічні лінії, в тому числі і за рахунок доповнення

їх спеціальними насіннеочисними машинами, спроможними виконувати сепарацію насінневих сумішей за новими ознаками розділення (Zaika et al. 1978, Zaika et al. 2005, El-Awady M et al. 2009, Shevchenko et al. 2018, Aliiev 2020).

Метою роботи є дослідження можливості підвищення посівних якостей насіннєвого матеріалу гірчиці за рахунок його доочищення та сортування на віброфрикційному сепараторі з неперфорованими фрикційними робочими поверхнями.

Матеріали і методи досліджень. Вихідним матеріалом для дослідження була насіннева суміш білої гірчиці сорту Веснянка селекції Інституту олійних культур Національної академії аграрних наук України урожаю 2021 року, яка після машинного збирання очищалась на повітряно-решітному сепараторі. Вона включала $76,6 \pm 1,1$ % від її маси якісного насіння основної культури і $2,7 \pm 1,1$ % некондиційного насіння гірчиці. До її складу входило також $20,5 \pm 1,1$ % від загальної маси насіння інших рослин, в тому числі насіння пшениці – 870 ± 5 шт/кг і 48310 ± 41 шт/кг насіння бур'янів. Серед нього найбільшу частину становило насіння лободи (46465 ± 38 шт/кг) та 1830 ± 14 шт/кг насіння щиряці. Маса 1000 насінин гірчиці становила $4,82 \pm 0,05$ г, а його схожість – лише $84,0 \pm 1,2$ %.

Згідно ДСТУ 2240-93 у насіннєвому матеріалі гірчиці оригінального та елітного насіння гірчиці повинно бути не менше 99 % від маси вихідного матеріалу, а вміст насіння інших сільськогосподарських культур і насіння бур'янів не повинен перевищувати 40 шт/кг. В кондиційному насіннєвому матеріалі I–III репродукції насіння гірчиці має бути не менше 98 %, насіння інших культурних рослин допускається не більше 320 шт/кг, а насіння бур'янів – не більше 400 шт/кг. Схожість кондиційного оригінального насіння повинна бути мінімум 90 %, а елітного та I–III репродукції – не менше 85 % (ДСТУ 2240-93).

Таким чином, вихідний матеріал за всіма показниками не відповідав вимогам державного стандарту. Його доочищення з одночасним сортуванням виконували на неперфорованих робочих поверхнях віброфрикційного сепаратора, конструктивна схема якого показана на рис. 1, а загальний вигляд – на рис. 2.

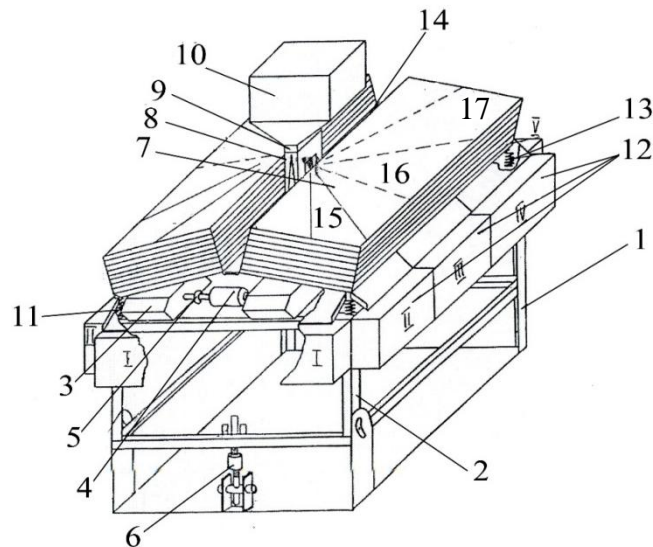
Віброфрикційний сепаратор складається з фрикційних неперфорованих площин 7 (два пакети по 3–20 штук), які встановлені з поздовжньо-поперечним кутом нахилу до горизонту.

Вони в залежності від виду насіння основної культури, фізико-механічних властивостей компонентів насіннєвої суміші, кількості і видів насіння бур'янів та інших показників, можуть бути облицьовані різним фрикційним матеріалом: фанерою технічною, абразивним полотном, гумою, брезентом, металом та ін.

Площини закріплені на вібростолах 11, які встановлені на пружинах 13. Ці пружини розміщені симетрично на рамі 2. Механізмами 14 і 6 регулюються, відповідно, поздовжній і поперечний кути нахилу робочих площин. Живильні пристрої 8, які подають насіннєвий матеріал на кожен робочу поверхню, встановлені на віброуючій частині віброфрикційного сепаратора.

Перехідні патрубки 9 із еластичного матеріалу з'єднують живильні пристрої 8 і бункер 10.

До вібростолів закріплені двовальні дебалансні віброзбудники 3 спрямованої дії так, що лінія дії вимушених сил складає гострий кут із напрямом зростання кута підйому робочої поверхні. Віброзбудники приводяться в дію від електродвигуна змінного струму за допомогою паса через проміжну передачу 4 та пружні муфти 5. Для збору продуктів розділення використовуються приймальники насіння 12.



1 – основна рама; 2 – проміжна рама; 3 – віброзбудники; 4 – проміжна передача; 5 – пружні муфти; 6 – механізм регулювання повздовжнього кута нахилу робочих площин до горизонту; 7 – неперфоровані фрикційні площини; 8 – живильні пристрої; 9 – перехідні патрубки; 10 – бункер; 11 – вібростоли; 12 – приймальники насіння; 13 – пружини; 14 – механізм регулювання поперечного кута нахилу робочих поверхонь до горизонту; 15, 16, – траєкторії руху насіння

Рис. 1 Конструктивна схема віброфрикційного сепаратора (ВФС)

Технологічний процес віброфрикційного сепаратора здійснюється таким чином.

На початку роботи, на підставі даних про фізико-механічні властивості компонентів насінневої суміші гірчиці, встановлюються необхідні поздовжній і поперечний кути нахилу робочих площин до горизонту. Шляхом зміни маси дебалансів на валах вібровозбудників вибирається необхідна амплітуда коливань робочого органу сепаратора. Варіатором, встановленим на валу електродвигуна, регулюється частота коливань. Кут спрямованості коливань встановлюється поворотом та фіксацією у певному положенні вібровозбудників. Зміною положення заслінок живильних пристроїв вибирається необхідна подача насіння на кожену робочу площину.

Після попереднього налагоджування проводиться включення сепаратора. Під впливом коливань, вихідний матеріал гірчиці з бункера 10 через гнучкі патрубки 9 та живильні пристрої 8 поступає одночасно на кожену робочу площину 7. На них компоненти суміші залежно від фізико-механічних

характеристик (фрикційних, пружних властивостей і форми насіння) переміщуються за різними траєкторіями 15, 16 або 17 та потрапляють в різні приймальники насіння (I–VII).

Траєкторіями 15 переміщується більш округле, виповнене, пружне насіння основної культури і скочується у нижні приймальники продуктів розділення.

Плоске, шорстке і менш пружне насіння гірчиці, а також насіння бур'янів та домішки переміщуються траєкторіями 17 у верхні приймальники.

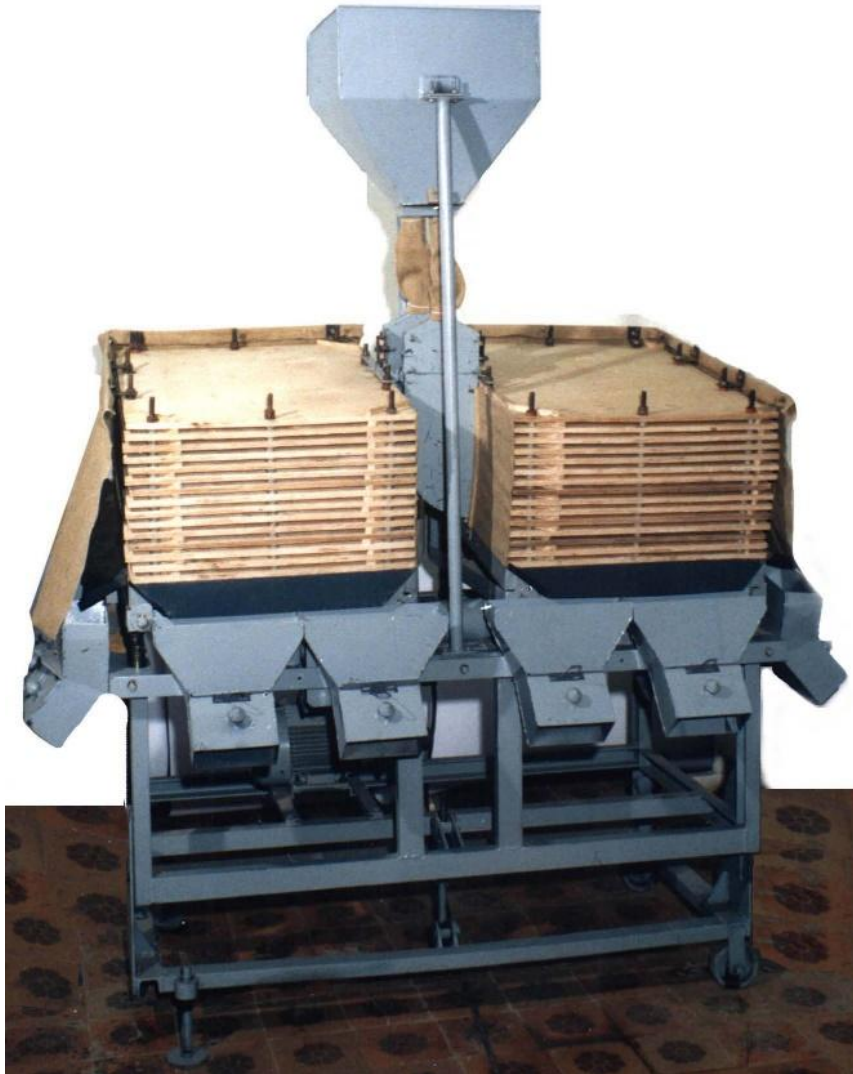


Рис. 2 Загальний вигляд віброфрикційного сепаратора

Компоненти насінневого матеріалу гірчиці, які мають проміжні значення цих властивостей, потрапляють траєкторіями 16 у бокові приймальники.

На кожній площині сепаратора повинно відбуватися одношарове переміщення насіння. Це здійснюється регулюванням подачі насіння (змінюю положення заслінок).

Установочно-кінематичні параметри роботи сепаратора, для встановлення можливості доочищення насіння гірчиці від насіння бур'янів та домішок з одночасним сортуванням насіння основної культури, були наступними: амплітуда коливань робочого органу – 1,0 мм; частота коливань – 175,0 с⁻¹; поздовжній кут нахилу робочого органу – 3,4 °; поперечний кут нахилу – 2,1 °; кут спрямованості коливань – 29,0 °. Подача на кожну робочу поверхню прийнята рівною 2,0 кг/год. При сепарації насіння гірчиці на віброфрикційному сепараторі в якості покриття робочих поверхонь використовувався брезент.

Таблиця 1

Технічна характеристика віброфрикційного сепаратора

Найменування показників	Значення
Тип	Віброфрикційний
Агрегується	Пересувний з установкою на стаціонар
Привод	Електродвигун 4А71В4У3 n=1370об/хв.
Потужність електродвигуна, кВт	1,2
Тип віброзбудника	Двовальний дебалансний спрямованої дії
Частота коливань робочого органу, кол./хв.	1800,0–2500,0
Амплітуда коливань, мм	0,8–2,5
Кут спрямованості коливань, град	28,0–48,0
Тип робочого органу	Неперфорована фрикційна площа
Кількість площин, шт.	15 на одному модулі
Фрикційний матеріал робочого органу	брезент
Розміри робочого органу, мм: довжина ширина	700,0 500,0
Установка робочого органу до горизонту, град: поздовжньо поперечно	0,0–20,0 0,0–10,0
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота	1350,0 970,0 1850,0
Загальна маса (з повним комплектом робочих органів), кг	890,0
Кількість фракцій, шт.	7
Кількість обслуговуючого персоналу, люд.	1

Результати досліджень та їхнє обговорення. Під час сепарації вихідний матеріал, для більш повного визначення особливостей його складових, розділявся на 7 фракцій. Вміст кожної фракції і вихідного матеріалу аналізувався окремо за всіма критеріями оцінки якості посівного матеріалу: вміст насіння основної культури, насіння інших культурних рослин та насіння бур'янів (причому, кожного виду окремо), абсолютна маса насіння основної культури та його схожість (Aliiev 2019). Результати сепарації насінневої суміші гірчиці наведені в таблиці 1. Загальний вигляд домішок у насінневі суміші гірчиці приведено на рис. 3.

Як видно з таблиці 1 до першого приймача відокремилась насіннева суміш гірчиці, що становить $16,9 \pm 0,1$ % від маси вихідного матеріалу. У ній вміст повноцінного насіння основної культури становить $99,5 \pm 0,1$ %, а насіння бур'янів – округлого насіння щириці без оболонки лише 7 ± 1 шт/кг. Маса 1000 насінин гірчиці цієї фракції на 0,50 г вища від насіння вихідного матеріалу, його схожість вища на 12 % і становить $98,0 \pm 0,5$ %.



Рис. 3 Загальний вигляд домішок у насінневі суміші гірчиці

Таким чином, за всіма якісними показниками відсортований насінневий матеріал першої фракції значно перевищує вимоги навіть до оригінального насіння гірчиці.

До другого приймача відсортувалась насіннева суміш, яка склала $40,2 \pm 0,2$ % від маси вихідного матеріалу. Повноцінне насіння основної культури в ній $99,0 \pm 0,2$ % від маси фракції, а некондиційного – $0,97 \pm 0,12$ %. До цієї фракції насіння пшениці (яке було у вихідній суміші) теж не потрапило, а насіння бур'янів склало $0,029 \pm 0,006$ % від маси фракції. Найбільш відсортувалось більш виповненого, без оболонки насіння шириці (68 ± 2 шт/кг) та лободи (52 ± 2 шт/кг), а березки – 14 ± 1 шт/кг.

Насіння гірчиці до цієї фракції теж відсортувалось найбільш виповнене. Його маса 1000 насінин найбільша і становить $5,36 \pm 0,12$ г, а схожість – $99,9 \pm 0,1$ %.

Таблиця 2

Результати сепарації насіння гірчиці на вібросепараторі

Показники	Похибка	Вихідний матеріал, %	Фракції						
			I	II	III	IV	V	VI	VII
Розподіл за фракціями, %	0,2	100	16,9	40,3	16,9	5,6	0,6	2,8	16,9
Розподіл за фракціями зростаючим підсумком, %	0,2	–	16,9	57,2	74,1	79,7	80,3	83,1	100
Вміст насіння гірчиці, %	0,2	76,6	99,4	99,0	95,0	68,2	11,9	2,4	0,32
Вміст некондиційного насіння гірчиці, %	0,12	27,5	0,51	0,96	4,87	12,42	23,60	4,28	1,81
Вміст насіння культурних рослин – пшениці, %	0,04	0,37	–	–	0,07	1,61	3,69	2,59	1,00
шт/кг	2	870	–	–	126	3810	9	6160	2380
Вміст насіння бур'янів, всього, %	0,04	20,2	0,002	0,03	0,05	17,7	60,8	90,7	96,9
шт/кг	2	48310	7	134	84	42054	144380	214805	229610
в тому числі:									
шириці, шт/кг	2	1830	7	68	84	2107	6190	11710	7905
лободи, шт/кг	2	46465	–	52	–	39947	138190	203035	221660
берізки, шт/кг	1	15	–	14	–	–	–	60	45
Маса 1000 насінин гірчиці, г	0,12	4,82	5,32	5,36	5,31	4,20	3,71	3,42	2,85
Схожість, %	0,1	84	98	100	98	76	62	50	21
Якість сепарації *	–	Н	К	К	К	Н	Н	Н	Н

* Н – не кондиційне; К – кондиційне

Таким чином, відсортований насінневий матеріал другої фракції за усіма показниками суттєво перевищує вимоги до кондиційного матеріалу I–III репродукції.

Насіннева суміш третьої фракції становить $16,8 \pm 0,2$ % від маси вихідного матеріалу. Причому $95,0 \pm 0,2$ % її вмісту становить високоякісне повноцінне насіння гірчиці з масою 1000 насінин $5,31 \pm 0,12$ г і схожістю $98 \pm 0,1$ %. Насіння пшениці в цій фракції становить 126 ± 2 шт/кг, а насіння бур'яну – 84 ± 2 шт/кг.

Таким чином, за показниками, крім вмісту основної культури, насінневий матеріал третьої фракції значно перевищує вимоги до кондиційного насіння I–III репродукції.

До четвертої фракції відокремилась насіннева суміш, яка за всіма показниками не відповідає вимогам державного стандарту до посівного матеріалу гірчиці. Повноцінного насіння основної культури лише $68,2 \pm 0,2$ %, насіння пшениці – 3810 ± 12 шт/кг, а насіння бур'янів – 42054 ± 38 шт/кг. Причому маса 1000 насінин основної культури цієї фракції на $0,62$ г, а схожість – на 10 % менші навіть показників вихідного матеріалу. Тому отриманий після додаткового очищення на неперфорованих поверхнях віброфрикційного сепаратора зі змінним режимом роботи насінневий матеріал доцільніше використовувати для інших цілей.

П'ята фракція за масою найменша і становить лише $0,65 \pm 0,1$ % від маси вихідного матеріалу. У ній повноцінного насіння гірчиці лише $11,9 \pm 0,2$ %, а некондиційного – $23,6 \pm 0,2$ % від маси фракції.

Насіння пшениці в цій фракції становить $3,7 \pm 0,2$ % від маси фракції (8790 ± 41 шт/кг), а насіння бур'янів – $60,7 \pm 0,2$ % (144380 ± 78 шт/кг). Насіння гірчиці цієї фракції дрібне з малою масою 1000 насінин (на $1,11$ г менше маси 1000 насінин вихідного матеріалу) і лабораторною схожістю лише $62 \pm 0,1$ %, що не може становити цінності як посівний матеріал.

До шостої фракції відсортувалась насіннева суміш, яка включала лише $2,4 \pm 0,1$ % від її маси, повноцінного на $4,3 \pm 0,1$ % неповноцінного насіння гірчиці. Більше 90 % цієї фракції становить насіння бур'янів, які необхідно утилізувати, запобігаючи засмічення полів.

Остання фракція становила $16,9 \pm 0,2$ % від маси вихідного матеріалу і $96,8 \pm 0,2$ % її вмісту склало насіння бур'янів, які необхідно утилізувати.

Таким чином, попередніми експериментальними дослідженнями встановлена можливість відокремлювати насіння пшениці та насіння бур'янів: щиріці, лободи від насіння гірчиці. Одночасно з очищенням відбувається сортування насіння гірчиці із відокремленням до перших трьох приймачів більш виповненого насіння з високими якісними показниками та суттєвим їх зниженням в кожній послідовній фракції.

Висновки

Експериментальними дослідженнями встановлена доцільність використання віброфрикційного сепаратора з неперфорованими робочими поверхнями на доочищенні насінневих сумішей гірчиці з одночасним сортуванням насіння основної культури.

За один пропуск отримано $16,9 \pm 0,2$ % від маси вихідного матеріалу, насінневого матеріалу (перша фракція), який відповідає вимогам державного стандарту до оригінального насіння і $56,9 \pm 0,2$ % матеріалу (друга і третя фракції), який відповідає вимогам до кондиційного насіння I–III репродукції.

Повторним доочищенням насінневих сумішей четвертої і п'ятої фракцій можливо виділити значну частину насіння гірчиці, яке доцільно використовувати за іншим призначенням.

References

Aliiev EB (2019) Physical and mathematical models of processes of precision separation of sunflower seed material: monograph: STATUS. ISBN 978-617-7759-32-3. Zaporizhzhia: 196

Aliiev E (2019) Justification of constructive-mode parameters of a photo-electron separator of sunflower seeds. *Scientific Horizons*, 5 (78): 23-30. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-23-30

Aliiev EB, Bandura VM, Pryshliak VM, Yaropud VM, Trukhanska OO (2018) Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 54 (1): 95-104

Aliiev E, Gavrilchenko A, Tesliuk H, Tolstenko A, Koshul'ko V (2019) Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. *Acta Periodica Technologica, APTEFF*, 50: 12–22

Aliiev EB (2020) Automatic Phenotyping Test of Sunflower Seeds. *Helia*. 43 (72): 51–66. DOI: 10.1515/helia-2019-0019

Casandroi T, Popescu M, Voicu G (2009) Developing a mathematical model for simulating the seeds separation process on the plane sieves. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*. 17–28

Chhabra M, Reel P (2011) Morphology based feature extraction and recognition for enhanced wheat quality evaluation. *Contemporary Computing*. Springer Berlin Heidelberg. 168: 41–50

Douik A, Abdellaoui M (2010). Cereal grain classification by optimal features and intelligent classifiers. *International Journal of Computers, Communications and Control*. 506–516

El-Awady M, Yehia I, Ebaid M, Arif E (2009) Development of rice cleaner for reduced impurities and losses. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 15–20

National standard of Ukraine (2003) Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality. DSTU 4138-2002. K: 173

State standard of Ukraine (1994) Seeds of agricultural crops. Varietal and sowing qualities. Specifications. DSTU 2240-93. K: 73

Shevchenko I, Aliiev E (2018) Research on the photoelectronic separator seed supply block for oil crops. *INMATEH-Agricultural Engineering*. 1 (54): 129–138

Yuan J, Yu T, Wang K (2006) A hybrid intelligent approach for optimal control of seed cleaner. *IFIP International Federation for Information Processing*. 780–785.

Zaika PM, Maznev GE (1978) Separation of seeds by a complex of physical and mechanical properties. M: Kolos: 287

Zaika PM, Bakum MV, Mikhailov AD (2005) Vibrating seed cleaning machine for additional cleaning of seeds of agricultural crops. *Proposal Magazine*. 6:102

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИБРОФРИКЦИОННОГО СЕПАРАТОРА ПРИ ПОДГОТОВКЕ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА ГОРЧИЦЫ

О.В. Козаченко¹, Е.Б. Алієв², М.В. Бакум¹,
А.Д. Михайлов¹, М.М. Крєкот¹

¹Государственный биотехнологический университет

²Институт масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины

Целью работы является исследование возможности повышения посевных качеств семенного материала горчицы за счет его доочистки и сортировки на виброфрикционном сепараторе с неперфорированными фрикционными рабочими поверхностями. В статье представлены результаты сепарации семенного материала горчицы на виброфрикционном сепараторе после предварительной очистки. За один пропуск семенного вороха через вибросепаратор получено $16,9 \pm 0,2$ % от массы исходного материала, семенного материала (первая фракция), отвечающего требованиям государственного стандарта оригинальным семенам и $56,9 \pm 0,2$ % материала (вторая и третья) фракции), который отвечает требованиям кондиционным семенам I–III репродукции.

Ключевые слова: виброфрикционный сепаратор, семена, фракции, горчица.

JUSTIFICATION OF THE EFFICIENCY OF USING A VIBROFRICTION SEPARATOR IN THE PREPARATION OF MUSTARD SEED MATERIAL

O. Kozachenko¹, E. Aliiev², M. Bakum¹,
A. Mikhailov¹, M. Krekot¹

¹ State University of Biotechnology

²Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

The aim of the work is to study the possibility of improving the sowing qualities of mustard seed material by its purification and sorting on a vibrofriction separator with non-perforated friction working surfaces. According to DSTU 2240-93 in the mustard seed of original and elite mustard seeds must be at least 99% by weight of the source material, and the content of seeds of other crops and weed seeds should not exceed 40 pieces/kg. In musty seed material 1–3 reproductions mustard seeds must be at least 98 %, seeds of other cultivated plants are allowed not more than 320 pieces/kg, and weed seeds – not more than 400 pieces/kg. Germination of conditioned original seeds should be at least 90%, and elite and 1-3 reproductions – not less than 85 % (DSTU 2240-93). The article presents the results of separation of mustard seed material on a vibrofriction separator after its preliminary purification. For one pass of the seed heap through the vibroseparator received 16.9 ± 0.2 % by weight of the source material, seed material (first fraction), which meets the requirements of the state standard for the original seed and 56.9 ± 0.2 % of the material (second and third fraction), which meets the requirements for conditioned seeds 1–3 reproductions.

Key words: vibrofrictional separator, seeds, fractions, mustard.