



UDC 631.354:633.1

THE EFFECTS OF THE WORKING ORGANS OF A VIBRATORY SEPARATOR ON WINTER WHEAT AND RYE DAMAGE AND QUALITY

D. Derevyanko¹, V. Polischuk², E. Sukmaniuk¹, O. Derevyanko¹

Article info

Received

03.05.2020

Accepted

24.06.2020

Derevyanko, D., Polischuk, V., Sukmaniuk, E., Derevyanko, O. (2020). The effects of the working organs of a vibratory separator on winter wheat and rye damage and quality. Scientific Horizons, 07 (92), 98–103. doi: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-98-103.

¹ Zhytomyr
National
Agroecological
University
7, Staryi Blvd,
Zhytomyr,
10008, Ukraine

² National
University of
Life and
Environmental
Sciences of
Ukraine
15, Heroiv
Oborony Str.,
Kyiv,
03041, Ukraine

E-mail:

[derevyanko.dmytro](mailto:derevyanko.dmytro@gmail.com)

@gmail.com

The paper highlights the issue concerning the effects of the working organs of a vibratory separator on macro- and micro-damaging of winter crops seeds as well as on their quality. The goal of the research was to reduce the grain crops seeds damaging and to improve their quality at the technological processes stages of their preparing, starting from harvesting to sowing, by means of developing the highly productive and efficient technologies as well as by technical means and engineering developments. The method of mathematical simulation of the processes of bran processing as well as of preparing a high quality seed grains of wheat and rye were reasonably used in the process of the research. Theoretical calculations, differentiation, integration and graphical dependences show that the experimental, operational and laboratory results, under condition of using rubber, plastic and other materials for making or covering the working organs of a vibratory separator, contribute to reducing grain deformation, damaging, micro damaging in particular, and to quality improvement. It has been discovered that at the revolutions of a disk distributor of an air separator which moves at a starting speed of ω up to 6 rad. c^{-1} and when the grains 0.03-0.06 gr in weight with a transverse diameter up to 5-6 mm get into it, their deformation and micro-damaging is minimal, that contributes to a high grain quality. Further research on improving the seeds quality indices by reducing grain damaging in the process of its preparation on the vibratory separator must be conducted in the interaction and in interconnection with other working surfaces and with their influence on deformation, micro-damaging, quality, yielding and grain gross output.

Key words: seeds, working organs, macro-damaging, simulation, deformation, quality, grain, micro-damaging, impulse of striking power, speed.

ВПЛИВ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВІБРОСЕПАРАТОРА НА ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ТА ЖИТА

Д. А. Дерев'янюк¹, В. М. Поліщук², О. М. Сукманюк¹, О. Д. Дерев'янюк¹

¹Житомирський національний агроєкологічний університет
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

²Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

Стаття присвячена висвітленню питань впливу робочих елементів вібросепаратора на макро- і мікротравмування насіння озимих зернових культур та його якість. Метою досліджень є зниження травмування насіння зернових культур і покращення його якості на стадіях технологічних процесів

підготовки від збирання до сівби шляхом розроблення високопродуктивних і ефективних технологій і технічних засобів та конструкційно-технологічних розроблень. Важливими завданнями досліджень стало розроблення і обґрунтування математичних моделей ступеня травмування зернівок під час руху насіння робочими елементами пневмосепарувального пристосування вібросепаратора.

Дослідженнями обґрунтовано застосування методу математичного моделювання процесів оброблення зернового вороху і підготовки високоякісного насіннєвого матеріалу озимої пшениці та жита. Теоретичні розрахунки, диференціювання, інтегрування та графічні залежності показують, що експериментальні, виробничі та лабораторні результати при застосуванні гумових, пластикових та інших матеріалів для виготовлення або покриття робочих органів вібросепаратора, сприяють зменшенню деформації і травмування зернівок, особливо мікротравмування і покращують їх якість.

Встановлено, що при обертах диска розподільника пневмосепарувального пристосування, що рухається з кутовою швидкістю ω до 6 рад. s^{-1} під час потрапляння на нього зернівок масою 0,03–0,06 г. з їх поперечним діаметром до 5–6 мм, їх деформація і мікротравмування є мінімальними, що сприяє високій якості. Подальші дослідження спрямовані на покращення якісних показників насіння зернових культур шляхом зниження травмування зернівок під час підготовки на вібросепараторі необхідно проводити у взаємозв'язку та взаємодії з іншими робочими поверхнями і їх впливом на деформацію, мікротравмування, якість, урожайність та валове виробництво зерна.

Ключові слова: насіння, робочі органи, макротравмування, моделювання, деформація, якість, мікротравмування, швидкість та імпульс сили ударяння.

Вступ

Кількість виробленого зерна в Україні, що повинна становити більше 100 млн тонн у найближчі роки, суттєво впливає на економічний розвиток та стабільність і стратегію держави. Озимі зернові, зокрема пшениця, жито, ячмінь, та інші займають важливе місце у продовольчому забезпеченні населення та експортно-фінансовому підтриманні надійності державного бюджету. Дуже важливо отримати значні обсяги зернової продукції та високої якості, що, безумовно, залежить від якісних показників підготовленого насіннєвого матеріалу. Адже більша половина урожайності, а відповідно валового виробництва зерна, залежить саме від високоякісного насіння, за всіх інших сукупних факторів впливу. Тому метою даних досліджень було визначення впливу окремих робочих елементів вібросепаратора на травмування і особливо мікротравмування, що змінює якісні показники і формує урожай різних сортів озимої пшениці та жита.

Дослідження (Golovach et al., 2017) свідчать, що травмування, а особливо мікротравмування, зернових під час збирання сягають 25 % і навіть більше, а при післязбиральному очищенні, калібруванні та сортуванні насіння, до сівби ці показники зростають інколи навіть більше 70–75 %. За даними досліджень (Derevjiko et al., 2020; Zayets et al., 2017) під час технологічних процесів збирання, оброблення зернового вороху і

підготовки насіння макротравмування зернівок становить до 20 %, мікротравмування озимої пшениці інколи сягає 80 %, а озимого жита більше 90 %, що, безумовно, впливає на зниження якості насіння і відповідно урожайності дуже важливих та цінних зернових культур. Згідно з проведеними дослідженнями встановлено дію окремих робочих органів за всіх технологічних процесів підготовки насіння зернових культур на травмування, і особливо мікротравмування, що знижує його якість і, насамперед, схожість, від його наряду залежить урожайність наваловий збір зерна (Derevjiko et al., 2017; Zabrodin et al., 2019).

Дослідженнями встановлено, що при зіткненні зернівок з робочими поверхнями транспортувальних технічних засобів, зокрема гвинтових транспортерів, які при піднятті та притисненні витками гвинта в діапазоні $\alpha=7-9^\circ$ і збільшеного кута нахилу або підняття до 16° , суттєво зростає інтенсивність мікротравмування (Derevjiko et al., 2019; Pascoe et al., 2015). Під час технологічних процесів підсушування насіння різних зернових культур, використання режимів з різними механічними впливами, витратами енергії, дією стресових умов, а саме температури, світла, окислення, в сукупності з механічними навантаженнями, створюються сприятливі умови для мікротравмування і зниження якості насіння (Mellmann et al., 2019; Suzuki et al., 2012; Xianrong et al., 2015; Zabrodin et al., 2019).

Матеріали та методи

Метою дослідження є зниження макро- і мікротравмування насіння на всіх стадіях технологічних процесів підготовки від збирання до сівби шляхом модернізації, конструкційно-технологічних вдосконалень та розроблення високоефективних технічних засобів для комплексної реалізації цих процесів.

Для досягнення мети необхідно дослідити із врахуванням біологічних та фізико-механічних властивостей насіння, розроблення математичних моделей високопродуктивного і ефективного оброблення зернової купи, його фракційного розподілення з конструкційними удосконаленнями зниження мікротравмуваннями і покращення якісних показників, особливо схожості, що суттєво впливає на урожайність.

Експериментальним шляхом доведено, що більшість насіння з високими якісними показниками основної фракції з малою кількістю травмування утримується при використанні сортувальних решіт з діаметром отворів 2,6 мм під час його руху пневмосепарувальним каналом із швидкістю 7,5–8,0 м/с, порівняно із використанням решіт з більшими або меншими отворами, але з більшою швидкістю руху 9 м/с–10 м/с.

Встановлено, що при обертах пневмосепарувального пристрою $n_p=50\text{--}100\text{хв}^{-1}$, коефіцієнті тертя $f=0,3$, кутів нахилу секторів лопаток $\alpha=30\text{--}45^\circ$, довжині лопаток 135мм, сприятлива швидкість руху насіння робочим органом знаходиться в межах до 8 м/с, що мінімально діє на мікротравмування та сприяє отриманню якісного насіння.

Експериментальні, виробничі та лабораторні дослідження проводилися на підприємствах Лісостепу та Полісся і України і в університетських лабораторіях із використанням технічних засобів, обладнання, натурних зразків на різних стадіях технологічного процесу підготовки насіння.

Виконано диференціальні рівняння, інтегрування і перетворення, застосовано програми сучасним комп'ютерних розрахунків, а також графічні зображення із використанням основних законів механіки.

Результати досліджень та обговорення

Пройшовши аспіраційний канал конусного обладнання і горизонтальну поверхню

пневмосерувального пристрою вібросепаратора, насіння під час очищення потрапляє на диск розподільника, який направляє його на верхню циліндричне решето під дією відцентрової сили енергії. Схема пливу сил і кінематичних характеристик руху зернівок поверхню розподільника надана на рис. 1.

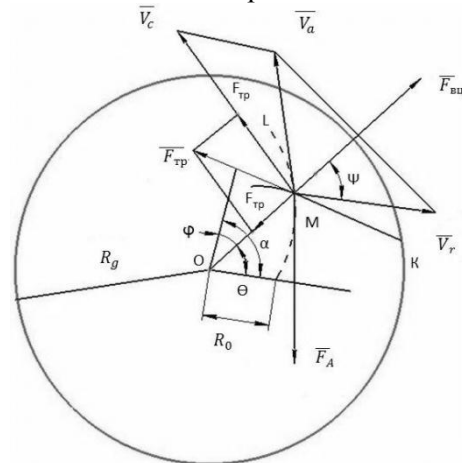


Рис. 1. Шлях абсолютного і відносного руху насіння по розподільнику і сили, що впливають на зернівки під час відносного руху

Примітка:

ML – шлях абсолютного руху зернівки, M;

MK – шлях відносного руху;

V_a, V_r, V_c – абсолютна, відносна, переносна, швидкості руху зернівки;

R_g – радіус розподільника;

R_0 – надходження зернівки на розподільник у початковий момент часу t_0 ;

F – сили тертя, тяжіння, відцентрової інерції;
 α – кутовий шлях зернівки під час абсолютного руху;

ϕ – кутовий шлях зернівки під час відносного руху;

Q – кутове переміщення насіння в абсолютному русі.

Методика академіка П. М. Василенка полягає у дослідженні руху матеріалу в абсолютній системі координат із врахуванням складності проєктування сил на осі координат і побудові диференціальних рівнянь відносного руху. Тому застосуємо її стосовно відносного руху зернівки на розподільнику, для чого оберемо полярну систему координат (R,Q) для дослідження абсолютного руху зернівки. Використовуємо рівняння Лагранжа другого роду для складання диференціальних рівнянь руху зернівок по диску розподільника.

У зв'язку з тим, що дана механічна система

має два ступеня вільності, то за узагальнені координати приймаємо R і Q , внаслідок чого матимемо таку систему диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned} \ddot{R} - R(\omega_g - \dot{\varphi})^2 &= -fg \frac{\dot{R}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\varphi}^2}} \\ R\ddot{\varphi} - 2\dot{R}(\omega_g - \dot{\varphi}) &= -fg \frac{R\dot{\varphi}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\varphi}^2}} \end{aligned} \quad (1)$$

Вона може бути проінтегрована лише наближеними чисельними методами, а саме, за допомогою комп'ютера на базі методу Рунге-Кутта. Початкові умови можуть бути наступні:

$$\text{при } t = 0: R = R_0; \varphi = 0; \dot{R} = 0; \dot{\varphi} = 0$$

За розв'язком системи рівняння чисельними методами будемо графік функцій: $\dot{R}(t)$, $\dot{\varphi}(t)$, $R(t)$, $\varphi(t)$, з якого знаходимо час T сходження зернівки з диска розподільника на решета, швидкість кутового переміщення $\dot{\varphi}(T)$ у відносному русі зернівки по диску у момент часу T , радіальну швидкість $\dot{R}(T)$ у момент часу T . Після цього з урахуванням виразу

$$\dot{\theta}(T) = \omega_g - \dot{\varphi}(T) \quad (2)$$

розраховуємо абсолютну швидкість руху насіння по розподільнику:

$$v_a(T) = \sqrt{[\dot{R}(T)]^2 + R_g^2 [\dot{\theta}(T)]^2} \quad (3)$$

Наступним необхідно дослідити зіткнення зернівок з робочою поверхнею циліндричного решета після сходження з диска. Для цього отриману абсолютну швидкість у виразі 3 позначимо через V , а враховуючи, що відстань від краю диска до комірок і поверхні решета дуже незначна, то погодимося, що швидкість сходження на решето аналогічна.

Для цього необхідно зробити аналіз системи ударної взаємодії зернівки з поверхнею циліндричного решета, що може створити умови мікротравмування, деформації або навіть руйнування (рис. 2).

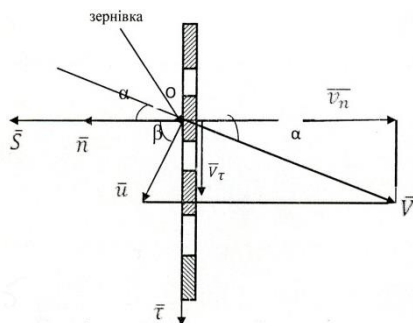


Рис. 2. Схема зіткнення зернівки з циліндричним решетом під час технологічного процесу очищення

Продовживши теоретичні розрахунки, отримаємо обмеження максимальної швидкості руху насіння з розподільника.

$$V_{\max} \leq \frac{[F_{\text{уд}}] \cdot t_{\text{уд}}}{2m(1+\varepsilon)} \quad (4)$$

де: $F_{\text{уд}}$ – сила удару допустима;
 $t_{\text{уд}}$ – протяжність часу удару;
 m – маса насіння;
 ε – відновлення швидкості після удару в коефіцієнтному значенні.

Враховуючи складові такого обмеження максимальної швидкості, створюється обмеження кутової швидкості обертання диска розподільника насіння на верхнє циліндричне решето, що зменшує силу зіткнення зернівок з поверхнею решета і відповідно створює умови зниження травмування насіння.

Експериментальними дослідженнями підтверджено теоретичні розрахунки, що при допустимій силі удару до 145Н, часу проходження удару до 0,002 с, питомій масі 1000 зернівок 45–55 грам, при значенні коефіцієнта відновлення швидкості зернівок після зіткнення 0,82, обмеження максимальної швидкості руху до 1,8–2,8 м/с сприятиме стримуванню максимальної швидкості обертання диска розподільника насіння на циліндричні решета, яка становить більше 5,5 м/с, а все це в сукупності зменшить зіткнення зернівок та їх мікротравмування до 10–12 %, що суттєво вплине на покращення якісних показників.

Результати виробничих, лабораторних і експериментальних досліджень травмування насіння озимої пшениці та жита надані в табл. 1.

Дані таблиці 1 свідчать, що макротравмування насіння озимої пшениці сорту Миронівська 65 після очищення зменшилося до 4,2 %, а озимого жита – до 5,8 %. Мікротравми зародка озимої пшениці після вивантаження із автомобіля становили 8,8 %, після очищення – 5,1 %, а всього травмованого насіння пшениці досягло 59,6 %, тоді як нетравмованого залишилося 40,4 %, тобто менше половини.

Аналіз даних щодо озимого жита сорту Верхняцке 32 показує, що макротравмованого насіння після очищення знаходиться 5,8 %, а зародка мікротравмування становило 11,2 %, всього мікротравмування жита – 75,1 %, а без пошкоджень знаходилося тільки 24,9 %, що значно менше пшениці.

Таблиця 1. Травмування насіння різних сортів озимих культур після очищення на вібросепараторі

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Макротравмування, %	Мікротравмування, %				
				зародка	ендосперма	оболонки	всього травм	без пошкоджень
СФГ “Дніпро” Черкаська область	Миронівська-65	після автомобіля	6,7	8,8	6,6	14,1	57,7	42,3
		до очищення	6,9	9,1	6,9	14,3	58,5	41,5
		після очищення	4,2	5,1	7,7	14,9	59,6	40,4
	Верхняцьке-32	після автомобіля	7,2	12,2	11,8	21,2	72,4	27,6
		до очищення	7,4	12,5	12,1	21,9	73,3	26,7
		після очищення	5,8	11,2	10,1	22,8	75,1	24,9

Такий стан мікротравмування зернівок жита, крім впливу інших факторів технологічного процесу, пояснюється ще й морфологічними та біологічними особливостями будови структури і клітин зернівок та специфічним розміщенням зародка зернівки, у порівнянні із пшеницею, який виходить за межі параметрів зовнішньої поверхні. Під час будь-якого руху зернівка орієнтується, насамперед, зародком і при зіткненні між собою, або з робочими поверхнями різних технічних засобів за всіх технологічних процесів відбувається його травмування і особливо мікротравмування. А це, в першу чергу, впливає на якісні показники і особливо на схожість, що, безумовно, знижує урожайність.

Висновки

Згідно з теоретичними розрахунками під час руху зернівок по розподільнику на них впливають сили тертя, тяжіння, відцентрової дії та нормальні реакції N_1 і N_2 (рис. 1). В результаті диференціювання, інтегрування за методом Рунге-Кутта та графіка функцій $R(t)$ при $R=R_d$ знайдено абсолютну швидкість руху насіння з диску на решето $V_a(t)$ та отримано обмеження максимальної швидкості $V_{таx}$, що обмежує кутову швидкість диска розподільника і створює умови зниження мікротравмування зернівок (рис. 2).

Дані виробничих, лабораторних і експериментальних досліджень (табл. 1) свідчить, що після проходження пневмосепарувальним обладнанням, аспіраційним каналом і диском розподільника кількість макротравмованого насіння озимої пшениці збільшилася на 0,9 %, а озимого жита – на 1,6 %, тобто майже у два рази більше. Всього мікротравмованих зернівок пшениці після оброблення становило 59,6 %, а

жита – 75,1 %. Без пошкоджень насіння пшениці залишилося 40,4 %, а жита – 24,9 %, тобто менше половини пшениці та тільки четверта частина жита. Тому використання оптимальних режимів технологічних процесів та вдосконалення і модернізація конструкцій технічних засобів підготовки якісного насіння зернових культур є важливим резервом підвищення урожайності та валового виробництва зерна.

References

- Derevjanko, D., Holovach, I., Bulgakov, V., Kuvachev, V. & Oir, J. (2020). Teoretical and experimental research into impact of threshing toss in combine grain harvesters on quality of ureal crop seeds. *Scopus. Agronomy Research*, 18 (2), 393–403. doi: <https://doi.org/10.15159/AR.20.056>.
- Derevjanko, D., Sukmaniuk, E. & Derevjanko, O. (2017). Grain crops injuries and drying modes while seeds preparation. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 53 (3), 89–94.
- Holovach, I. V., Derevjanko, D. A. & Derevjanko, O. D. (2017). Travmy nasinnia pid chas sushinnia tekhnichnymy zasobamy [Injury of seeds during drying by technical means]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 1 (96), 78–82 [in Ukrainian].
- Mellmann, J., Weigler, F. & Scaar, H. (2019). Research on procedural optimization and development of agricultural drying processes. *Drying technology*, 5, 569–578. doi: 10.1080/07373937.2018.1494186.
- Orobinsky, V. I., Gievsky, A. M., Schwartz, A. A., Baskakov, I. V. & Chernyshov, A. V. (2018). Improving the efficiency of apparatus of exact seeding of small-seeded crops. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 10 (5S), 1226–

1241. doi: 10.4314/jfas.v10i5s.103.

Pascoe, R. D., Fitzpatrick, R. & Garratt, J. R. (2015). Prediction of automated sorter performance utilising a Monte Carlo simulation of feed characteristics. *Minerals Engineering*, 72, 101–107. doi: 10.1016/j.mineng.2014.12.026.

Suzuki, N., Miller, G., Sejima, H., Harper, J. & Mittler, R. (2012). Enhanced seed production under prolonged heat stress conditions in *Arabidopsis thaliana* plants deficient in cytosolic ascorbate peroxidase 2. *Journal of Experimental Botany*, 1, 253–263.

Tishchenko, L. N., Olshanskiy, V. P. & Olshanskiy, S. V. (2011). Vibroreshetnaya separatsiya zernovykh smesey [Vibrosilicate separation of grain mixtures]. Kharkov : Miskdruk [in Russian].

Xianrong, Zh., Chunyu, X., Bo, J., Changman, L.

& Xiuling, L. (2015). Allelopathic Effects of Water Extracts of *Brassica juncea* var. *tumida* Leaf on Seed Germination of Three Species of Crops. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 10, 117–121.

Zabrodin, V. & Sukhanova, M. (2019). Analyzing Interaction between seeds and Pre-seeding Treatment Machines of Cyclic Action. *Agricultural Machine and Technologies*, 13 (5). 63–68. doi: 10.22314/2073-7599-2019-13-5-63-68.

Zaika, P. M. (2006). Teoriia silskohospodarskykh mashyn [The theory of agricultural machines] (Vol. 3). Kharkiv : Oho [in Ukrainian].

Zayets, M., Sukmaniuk, E. & Grudovyi, R. (2017). Theoretical grounding of seeds valve opener settings for subsoil-spreading sowing method. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 52 (2), 13–18.