

doi: 10.33249/2663-2144-2019-83-10-64-71

UDC 631.354:633.1

TECHNICAL MEANS INFLUENCE ON DENSITY, INJURY AND QUALITY OF GRAIN SEEDS

D. Derevjnko, E. Sukmaniuk, S. Chychylyuk, O. Derevjnko
e-mail: derevyanko.dmutro@gmail.com, sukmanyukolena@gmail.com
Zhytomyr National Agroecological University
7, Staryi Blvd, Zhytomyr, 10008, Ukraine

One of the main tasks of agricultural industry of Ukraine is the population food support. It is necessary to increase grain production to 80-100 million tons, including winter crops, for its implementation. It is necessary to have high quality seeds annually in the range of 1.8–2.0 million tons, since the area of wheat sowing is at least 6.0 million hectares, winter barley – 1,2 million hectares, and rye – 0.3 million hectares to ensure the sowing of the forecasted areas and to maximize the yield of winter wheat and rye. The quality of the seeds improvement by reducing their macro- and micro-injuries during harvesting and the impact of these processes on the seeds strength is the aim of the research. Grains and seeds injuries, especially micro-injuries while harvesting, post-harvest cultivation and sowing in some years reach 50–60% or more, which affects the quality and yield significantly. Industrial, experimental and laboratory studies were carried out on winter wheat and rye varieties at the forest-steppe and Polissya farms of Ukraine – Vinnytsia, Zhytomyr and Cherkasy regions. According to the research results the appearance and direction of the cracks and their quantities formation in most cases depends on the direction of the external forces and internal grains biological characteristics especially on the ripening state humidity and the timing and methods of harvesting. In addition to the cracks, the endosperm, the micro injury of the embryo and the seed and flower shells have also a significant effect on the strength of grains. We take the angular and translational acceleration of the deformation of the grain part For the independent parameters, by which we optimize the energy of grain acceleration in order to minimize the passage of the deformation process and micro-injury of the seeds. Additionally, we do the angular acceleration at the point of contact of the grain with the spherical surface of the working bodies of the drum and rotary threshing machines. Theoretical calculations and justification of drum and rotary threshing machines influence on seeds of grain crops injury and deformation are carried out. The application of theoretical calculations by mathematical modeling method of technical means operation processes during the gathering and industrial, experimental and laboratory studies were carried out on winter wheat and rye varieties at the forest-steppe and Polissya farms of Ukraine – Vinnytsia, Zhytomyr and Cherkasy regions. Such calculations and graphic dependencies confirm experimentally – production studies that macro- and especially micro injuries of winter wheat seeds and rye when harvested by rotary threshing machine is much smaller than the drum that significantly affects the quality of the seeds.

Key words: seeds, macro-injuries, micro-injuries, strength, cracks, deformation, quality, threshing machines.

**ВПЛИВ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НА МІЦНІСТЬ,
ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

Д. А. Дерев'янку, О. М. Сукманюк, С. Б. Чичилюк, О. Д. Дерев'янку
e-mail: derevyanko.dmutro@gmail.com, sukmanyukolena@gmail.com
Житомирський національний агроекологічний університет
бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Для забезпечення посіву прогнозованих площ і отримання максимально високої врожайності озимої пшениці та жита необхідно мати щороку високоякісного насіння у межах 1,8–2,0 млн тонн, адже площі посіву пшениці становлять не менше 6,0 млн га, озимого ячменю – 1,2 млн. га, а жита – 0,3 млн га. Метою досліджень є покращення якості насіння шляхом зниження його макро- і мікротравмування під час збирання та впливу цих процесів на міцність зернівок. Для досягнення мети були поставлені завдання: обґрунтувати та провести теоретичні розрахунки впливу робочих органів зернозбиральних агрегатів на міцність, деформування та травмування насіння. Методика дослідження побудована на базі застосування

розрахункових диференціальних рівнянь, інтегруванні, перетворенні, скороченні, позначенні, сучасних методах комп'ютерних розрахунків та графічних визначеннях на основі використання законів механіки.

Травмування зерна і насіння, особливо мікротравмування під час збирання, післязбирального оброблення та сівби в окремі роки сягають 50–60% і більше, що суттєво впливає на якість і урожайність. За результатами досліджень встановлено, що виникнення і направлення утворення тріщин і їх кількості у більшості випадків залежить від різних чинників дії зовнішніх сил та внутрішніх біологічних особливостей зернівки, особливо від вологості стану дозрівання та строків і способів збирання. На міцність зернівки, крім тріщин, мають також суттєвий вплив мікротравми зародка, ендосперму та насінневої і квіткової оболонки. За незалежні параметри, за допомогою яких проводимо оптимізацію енергії прискорення зернівки з метою мінімізації проходження процесу деформації та мікротравмування насіння, приймаємо кутове та поступальне прискорення деформації об'єму частини зернівки. Проведено теоретичні розрахунки та обґрунтування впливу барабанних і роторних молотильних апаратів на деформацію і травмування насіння зернових культур. Застосування методу теоретичних розрахунків шляхом математичного моделювання процесів роботи технічних засобів під час збирання, а виробничі, експериментальні та лабораторні дослідження проводилися на сортах озимої пшениці та жита у господарствах Лісостепу і Полісся України – Вінницької, Житомирської і Черкаської областей. Розрахунки і графічні залежності підтверджують експериментально-виробничі дослідження, що макро- і особливо мікротравмування насіння озимої пшениці і жита при збиранні роторним молотильним апаратом значно менші, ніж барабанним, що суттєво впливає на якість насіння. Подальші дослідження щодо зниження травмування насіння зернових культур та покращення його якості необхідно проводити у взаємозв'язку і комплексі із його деформацією та міцністю під час проходження всього технологічного процесу.

Ключові слова: насіння, макротравмування, мікротравмування, міцність, тріщини, деформація, якість, молотильні апарати.

Вступ

Вирішення продовольчого забезпечення населення є одним з головних завдань агропромислового комплексу країни. Для його виконання необхідно збільшити валове виробництво зерна до 100 млн тонн, у тому числі озимих зернових культур. Для посіву прогнозованих та запланованих площ і отримання збільшення урожайності озимих зернових та їх валового виробництва, необхідно щороку підготовляти більше 2 млн тонн високоякісного насіння. Адже відомо, що озима пшениця, жито та інші дуже важливі цінні зернові культури, які займають великі площі посіву і відіграють значну роль, насамперед, у продовольчому забезпеченні. В зв'язку з цим, виникає нагальна потреба у забезпеченні насінням з високими показниками якості. Відомо, що тільки високоякісне насіння за всіх інших однакових можливостей забезпечує формування більшої частини майбутнього врожаю. Поряд з цим важливим є той факт, що існує до певної міри відставання із удосконаленням, виробництвом і запровадженням новітніх технічних засобів та технологій збирання.

Дослідження (Derevjnko, 2012; Golovach, 2017) показують, що вдосконалення впливу

робочих елементів технічних засобів під час технологічних процесів на зниження травмування зернівок, сприяє суттєвому покращенню якісних показників насіння та зростанню урожайності зернових культур. Важливим для теорії та практики є значення наукового обґрунтування теоретичних і експериментальних досліджень щодо нинішнього часу у вітчизняній агроінженерії були досить обмежені. А експериментальні, виробничі та лабораторні комплексні дослідження макро- і мікротравмування сучасних сортів зернових культур у агрозонах Лісостепу та Полісся зовсім відсутні. Тому проведення комплексних досліджень процесів зниження впливу робочих органів на травмування насіння на всіх стадіях його підготовки і сівби та покращення якості є актуальною науково-прикладною проблемою. А також є одним із головних невикористаних резервів підвищення урожайності та валового виробництва зерна.

У створенні фундаменту наукових основ теорії взаємовпливу робочих поверхонь механізмів та різних матеріалів, в тому числі зернової маси, значний внесок зробили такі відомі вчені (Golovach, 2017). Дослідження (Derevjnko, 2012; Zayets, Sukmaniuk & Grudovyi, 2017) свідчать, що травмування зернівок під час

обмолочування сягає 20 % і більше, а при доробленні зернового вороху і підготовленні насіння та сівби їх кількість значно зростає, інколи сягає 60–80 %.

За даними (Derevjnko, Sukmaniuk & Derevjnko, 2017) травмування зернівок під час обмолочування інколи сягає 30–35 %, а за підготовки насіння навіть більше 50 %, залежно від вологості структури зернового вороху та механічних навантажень. Дослідження (Derevjnko, 2019; Pascoe, 2015) свідчать, що при контактуванні зернівок з робочою поверхнею гвинта в залежності підняття витка найменша інтенсивність притиснення, а значить мікротравмування насіння перебуває в діапазоні $\alpha=5-10^\circ$. При збільшенні кута підняття до 15° і більше, інтенсивність зростання пропорційна до кута підняття витків гвинта.

За даними (Mellmann, Weigler & Scaar, 2019) при підсушуванні різних видів насіння необхідно обирати оптимальні режими з мінімальними витратами енергії, механічними навантаженнями для отримання якісного насіння. Результати досліджень (Suzuki et al., 2012) свідчать про вплив навіть стресових умов на якість насіння, тобто світла, температури, окислення. А в поєднанні з механічними навантаженнями, травмами і деформаціями якість насіння знижується. Дослідження (Zhou Xianrong et al., 2015) свідчать, що схеми сівозмін та різні екстракти одночасно із механічними впливами і деформаціями знижують якість насіння овочевих та зернових культур.

Таким чином, глибоке і всебічне вивчення фізико-механічних, біологічних особливостей насіння і розроблення нових технологій та модернізація робочих органів забезпечать мінімальну кількість мікротравмування зернівок, тріщин, деформацій. Слід зазначити, що комплексних теоретичних та експериментально-виробничих досліджень впливу робочих органів на міцність, руйнування, деформацію і травмування зернівок під час збирання і всіх наступних технологічних процесів підготовлення насіння і сівби не проводилося. Тому результати дослідження повинні виправити і покращити вирішення цієї надзвичайно важливої проблеми.

Матеріали та методи

Метою дослідження є покращення якості насіння шляхом зниження його травмування на всіх стадіях процесу збирання, обробляння,

підготовлення і сівби та розроблення обладнання для реалізації цих процесів у виробництві.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- обґрунтувати та провести теоретичні розрахунки впливу робочих органів зернозбиральних агрегатів на міцність, деформування та травмування насіння;

- обґрунтувати вплив різних видів травм на міцність, тобто зусилля руйнування, деформацію руйнування і максимальне напруження зернівок;

- запропонувати оптимальні режими роботи молотильних апаратів та їх впливу на міцність, деформацію, травмування насіння.

Для експериментальних досліджень було введено сконалено пневмосепарувальний пристрій з гумовим покриттям та запропоновано гумову футерівку корпусу, що впливає на зниження травмування насіння і покращення його якості. Запропоновано нову конструкцію окремого робочого органу, вловлювача-розподільника, що розміщується на кожному циліндричному решеті для калібрування і відбирання високоякісного насіння, робочі поверхні якого покриті гумою, що також знижує травмування. Теоретичні дослідження і розрахунки виконувалися шляхом математичного моделювання роботи технічних засобів та технологічних процесів, використання основних законів механіки і сучасних методів комп'ютерних розрахунків.

Експериментальні дослідження виконувалися в лабораторно-виробничих умовах із використанням натурних зразків та технічних засобів за розробленими і стандартними методиками. Шляхом мінімізації енергії прискорення (функції N) отримуємо систему диференціальних рівнянь, які описують деформацію та мікротравмування частини об'єму зернівки з урахуванням кутового та поступального прискорення.

Застосовано розрахункові диференціальні рівняння, інтегрування, перетворення, скорочення, позначення, сучасні методи комп'ютерних розрахунків та графічні визначення на основі використання законів механіки.

Експериментальні дослідження (Derevjnko, Sukmaniuk & Derevjnko, 2017), свідчать, що при падінні зернівки масою 0,005 г потрапляють на сферичну поверхню розподільника вібросепаратора радіусом 600 мм. Робочий орган

обертається з кутовою швидкістю ω 6 рад·с⁻¹ і сприяє виникненню тангенціальній деформації зернівок у площинні $O_1\xi\eta$, яка, відповідно, становить 0,021 та 0,025 мм. Збільшення лінійного U та кутового параметрів θ при одночасному зменшенні кутової швидкості з плином часу вказує на певний прогин поверхні зернівки. Тому від зіткнення із поверхнею барабанного або роторного апаратів, які обертаються із швидкістю ω 8-10 рад·с⁻¹ і більше, створюватимуться умови зростання деформації, мікротравмування та зниження якості насіння.

Результати досліджень та обговорення

Під час виконання технологічних процесів збирання, оброблення зернового вороху, підготовлення насіння і сівби слід враховувати вплив на зернівку зовнішніх та внутрішніх чинників, що спричиняє виникнення в зернівці напружень. Дані напруження спонукають до активного переміщення всієї органічної маси, внаслідок чого відстані між окремими частинками збільшуються, що викликає послаблення міцності, тобто спротиву до руйнування всієї зернівки. Під час подальшого протікання технологічного процесу відбувається поступове збільшення цих впливів, що призводить до зростання відстаней між атомами та сприяє створенню умов для подолання потенційного бар'єру при переході від стійкого стану рівноваги до нестійкого. В подальшому ця відстань між окремими шарами атомів стає дуже великою, що створює всі передумови для виникнення тріщиноподібного утворення – розриву, який, навіть після припинення навантаження, не зникається.

Проте руйнування зернівок, тобто утворення тріщин, слід розглядати як процес, що проходить дві стадії: зародження умов для утворення майбутньої тріщини, тобто фізичні особливості руйнування, і поширення її розвитку, або механіка руйнування. Процеси руйнування на кожній із цих стадій мають різні закономірності, зв'язки між якими до цього часу вивчені недостатньо. Але саме знання цього зв'язку дало б можливість повного розуміння процесу травмування та особливо взаємозв'язку між макротравмуванням і мікротравмуванням.

Серед критеріїв міцності важливе значення мають умови настання небезпечного стану в певній точці в час розгляду – класична теорія

міцності.

Під час стійкого механічного впливу тріщина нерухома під дією постійних зовнішніх навантажень. Для її розвитку, відповідно, необхідно збільшувати такі навантаження, тобто під дією зовнішніх чинників травма посилюється, а це відбувається тоді, коли коефіцієнт інтенсивності досягає критичної величини. Початок збільшення тріщини, тобто перехід межі тріщинуватості, і буде додатковим критерієм вирішення граничної рівноваги тіла з тріщиною.

Внаслідок поступового протікання процесу в кінці тріщини виникає пластична зона – це коли на початку розриву зусилля через неї не передається, але при зростанні напруги в кінці руйнування виникають додаткові зусилля в зоні пластичних деформацій.

У результаті зростання додаткових зусиль у зоні пластичних деформацій відбувається накопичення мікропошкоджень, які є основою створення умов для майбутнього розриву або тріщиноутворення, а потім і руйнування.

Таким чином, руйнування зернівки настає в тому випадку, коли максимальне напруження σ більше від допустимих напружень σ_1 , які виникають від механічних або інших впливів. Отже, щоб руйнування зернівки не відбувалося, необхідна умова $\sigma \leq \sigma_1$.

Розміри пластичної зони та інтенсивність пластичних деформацій у цій зоні регулюються коефіцієнтом інтенсивності K_{in} напруги та особливістю матеріалів. При цьому:

$$K_{in} = \sigma_1 \sqrt{L\pi}, \quad (1)$$

де L – довжина деформації зернівки.

Напруги в кінці тріщини змінюємо значенням допустимої напруги σ_1 в небезпечній точці, маючи на увазі, що саме в цієї точки настає початок тріщини. Напруга σ_1 бере тут участь ще й через те, що через порушення міцності ця небезпечна точка реально пов'язується з теорією міцності. Тому на стадії руйнування при виникненні тріщини міцність буде залежати від межі тріщинуватості та коефіцієнта запасу відносно неї.

У зв'язку з тим, що допустиме напруження σ_1 входить у рівняння з визначення коефіцієнта інтенсивності та межі тріщинуватості, отримаємо синтез умов міцності згідно з теорією утворення тріщин. У такому випадку, при $m=1$ та підставивши значення K та I у

формулу щодо визначення σ_1 , отримаємо:

$$\sigma_1 = \frac{K_{in} \sigma}{\sqrt{\pi L^2 \sigma_B + K_{in}^2}}. \quad (2)$$

Із даної формули видно, що при $L=0$, $\sigma_1 = \sigma_B$ тобто при збільшенні L , σ_1 зменшується. У тих випадках, коли існує кілька тріщин різної довжини, найбільшу небезпеку становить та з них, яка першою починає розвиватися. В усіх випадках механізм розвитку тріщин одноманітний і відбувається з певними коливаннями.

Характер руйнування зернівок, тобто на скільки частіше і в якій площині—проходить руйнування, залежить від розповсюдження

тріщин і того, скільки їх при даному зовнішньому навантаженні досягло критичної довжини. Напрямок утворення тріщини залежить, у більшості випадків, від напрямлення дії зовнішніх сил та біологічного стану зернівки.

Виходячи з вищезгаданого, можна зробити висновок, що міцність зернівок залежить від травмування і виникнення в них тріщин, а із збільшенням їх розмірів відбувається руйнування, тобто макротравмування.

Із аналізу експериментальних досліджень видно, що зі збільшенням довжини тріщини зменшуються зусилля, прикладені для руйнування зернівок (рис. 1), і максимальне напруження (рис. 2), а коефіцієнт інтенсивності напруження зростає.

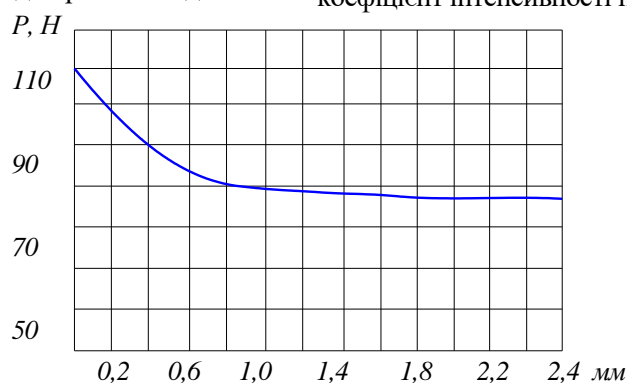


Рис. 1. Вплив довжини тріщини на зусилля, прикладені для руйнування зернівки

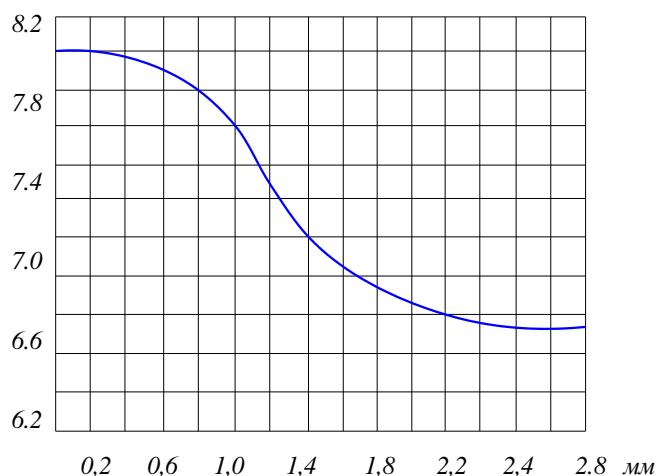


Рис. 2. Вплив довжини тріщини на максимальне напруження

На міцність зернівок впливають також травми зародка, ендосперму, оболонки, тобто мікротравми (табл. 1). Зернівки, в яких тріщини проникають на глибину 0,25–0,75 розміру

ендосперму або більше, мають значно меншу міцність порівняно з тими, які не мають пошкоджень.

Таблиця 1. Вплив різних видів травм на міцність зернівки

Вид травм	Зусилля руйнування Р,Н	Деформація руйнування ΔL , мм	Максимальне напруження σ
Вибитий зародок	46,5	0,15	3,46
Пошкоджений ендосперм	78,0	0,24	5,79
Пошкоджений зародок	84,4	0,22	6,30
Пошкоджена оболонка зародка і ендосперму	95,3	0,22	7,08
Пошкоджена оболонка ендосперму	103,6	0,22	7,69
Пошкоджена оболонка зародка	104,5	0,22	7,70
Без пошкоджень після обмолочування	108,3	0,22	8,07

Дані табл. 1 показують, що на міцність зернівок впливають зусилля, прикладені для руйнування зародка, ендосперму та оболонки.

Максимальне напруження впливає на зростання деформації, травмування та руйнування, тобто мікро - і макротравмування.

Чим більші навантаження отримують зернівки при проходженні технологічних процесів, тим менша їх міцність і більша можливість травмування.

Під час комплексних досліджень впливу робочих органів зернозбиральних молотильних агрегатів на травмування і якість зернівки виявлено, що головні ділянки найбільшого травмування та подрібнення знаходяться в місцях, де різко змінюється вектор швидкості хлібної маси. Вектор може змінюватися як за величиною, так і за напрямком, тому зона найбільшого травмування міститься у першій половині процесу обмолочування.

При порівнянні характеру першої половини обмолочування барабаними та роторними молотильними пристосуваннями стає очевидним, що ці ділянки значно «ощадливіші» у роторних молотарок. Тому мікротравмування та подрібнення зернівок у них значно менше, ніж у барабаних. Кількісна величина травмування зернівок виникає від ударного імпульсу сили, який визначаємо згідно з теоремою імпульсів:

$$m \cdot \bar{V}_2 - m \cdot \bar{V}_1 = \bar{S}(t), \quad (3)$$

де $\bar{S}(t) \int_{t_1}^{t_2} \bar{F}(t) dt$ – ударний імпульс, тобто імпульс сили, це фізична, векторна величина, що характеризує дію сили на зернівку за даний

проміжок часу, від якої залежатиме її міцність, деформація і травмування.

Побудувавши схеми зміни швидкості руху зернівок у барабанному і роторному молотильних апаратах та провівши відповідні теоретичні розрахунки, отримуємо відношення Р імпульсів ударяння на першій половині обмолочування барабанним агрегатом до роторного:

$$P = \frac{V_1^2 + V_{кол}^2 + 2V_1V_{кол} \sin \beta}{V_1^2 + (V_{кол} \cdot \cos \alpha)^2 - 2V_1V_{кол} \cos \alpha \cdot \sin(\alpha - \beta)}. \quad (4)$$

Згідно з отриманими розрахунками очевидно є значна перевага імпульсного ударяння при барабанному обмолочуванні над роторним.

Отримані результати наведені в табл. 2, 3 у вигляді відсоткових значень мікротравмування зернівок (функція y_1) і подрібнення зернівок (функція y_2) у залежності від частоти обертання ротора та барабана (х, об/хв).

Таблиця 2. Барабанный молотильний агрегат

x	400	500	600	650	700	750	800
y_2	0,45	0,60	0,88	1,25	1,95	2,15	2,65
y_1	18,4	20,5	24,5	25,10	25,80	27,50	30,50

Таблиця 3. Роторний молотильний агрегат

x	400	500	600	650	700	750	800
y_2	0,05	0,10	0,15	0,40	0,60	0,85	0,95
y_1	12,65	14,05	16,10	16,85	19,15	20,05	22,45

Експериментальні, виробничі та лабораторні дослідження впливу механічних навантажень за технологічних процесів від збирання до сівби, що проводилися у різних господарствах Лісостепу і Полісся України на різних сортах зернових

культур представлени у таблиці 4 Дані дослідження свідчать про суттєву різницю мікротравмування насіння озимої пшениці під час збирання барабанними у порівнянні з роторними молотильними апаратами, 54,45% і 27,50%. Так, у підприємстві ПП «Україна»

Житомирської області, під час обмолочування зернозбиральним молотильним апаратом барабанного типу, кількість макротравм зросла до 5,0%, а після роторного – 2,0%, тобто більше ніж у два рази.

Таблиця 4. Травмування насіння озимої пшениці під час збирання барабанними і роторними молотильними апаратами

Господарство	Стадії досліджень	Макротравми, %	Мікротравми, %				
			зародка		всього травм зародка оболонки	без пошкоджень	узагальнений показник травм
			вибитий	пошкоджений			
ПП «Україна» Житомирської області (Миронівська – 65)	в жатці	3,95	2,65	4,65	22,80	77,20	15,15
	після барабана	7,40	4,65	6,75	42,15	57,85	26,65
	в бункері	8,95	5,25	8,05	54,45	45,50	32,15
СФГ «Дніпро» Черкаської області (Миронівська – 65)	в жатці	3,05	2,15	3,90	20,15	79,85	7,40
	після ротора	4,20	2,65	2,95	23,85	76,15	9,05
	в бункері	5,05	3,25	3,95	27,50	72,50	10,45

Всього мікротравмованого насіння (табл. 4) у бункері, тобто після обмолочування барабанним апаратом, становило 54,45%, а після роторного – 22,5%, де очевидною суттєва різниця, більше ніж у два рази. Це пояснюється, насамперед, режимами роботи цих робочих органів і різницею кількості їх обертів до поступлення і проходження зернового вороху під час технологічного процесу.

Робочі органи під час технологічних процесів збирання зернових культур, підготовки насіння та сівби впливають на збільшення довжини тріщин при зменшенні зусиль, прикладених до макротравмування зернівок (рис. 1), та сприяють максимальним напруженням (рис. 2) і зростанню коефіцієнта інтенсивності напруження.

Вплив різних видів макро - і мікротравм діє на міцність зернівок (табл. 1), зокрема зусилля руйнування зростають більше ніж у 2,5 рази, деформація руйнування збільшується до 0,22 мм, максимальне напруження зростає більше ніж у два рази.

Висновки

У результаті теоретичних досліджень впливу робочих органів зернозбиральних апаратів і

зростання додаткових зусиль у зоні пластичних деформацій відбувається накопичення мікротравм. Які є основою створення умов для майбутнього розриву або тріщиноутворення, а внаслідок і руйнування. Тобто воно настає тоді, коли максимальне напруження σ більше від допустимого σ_1 , що виникає від механічних дій. Щоб руйнування не відбувалося, необхідна умова $\sigma \leq \sigma_1$, класична теорія міцності.

Враховуючи деформацію зернівок, между тріщинуватості, коефіцієнт запасу відносно между тріщинуватості, отримаємо синтез умов міцності. Напрямок утворення тріщин залежить у більшості випадків від направлення дії зовнішніх сил та біологічного стану зернівки. Тобто, міцність залежить від мікротравм, деформацій і виникнення тріщин (рис. 1, рис. 2, табл. 1), а із збільшенням їх розмірів відбувається руйнування зернівки, що негативно впливає на якісні показники.

Результати комплексних досліджень впливу робочих органів апаратів барабанного і роторного типу показали, що головні ділянки найбільшого травмування знаходяться в місцях, де різко змінюється вектор швидкості хлібної маси. Травмування, деформація та повне руйнування зернівок залежить від імпульсу сили, швидкості

руху зернового вороху і швидкості обертів барабана та ротора. Дані табл. 2, 3 та рис. 3, 4 показують, що із збільшенням обертів у барабанному апараті макротравмування зросло із 0,45% до 2,65%, а у роторному з 0,05% до 0,95%. Мікротравмування, відповідно, у роторному апараті зросло із 12,65% до 22,45%, тоді як у барабанному – досягло 31,50%, тобто значно більше.

Таким чином, враховуючи різні режими робочих органів досліджуваних молотильних апаратів, очевидний «ощадливий» вплив на макро – та мікротравмування насіння роторних апаратів. Це, в свою чергу, позитивно вплине на якість насіння, зростання урожайності та збільшення валового виробництва зернових культур.

Подальші дослідження зниження травмування насіння зернових культур та покращення його якості необхідно проводити у взаємозв'язку і комплексі із його деформацією та міцністю під час проходження технологічного процесу від сівби до завершення повного його підготовки відповідно до посівних кондицій першого класу згідно з Державними Стандартами України. Що, безумовно, буде основою суттєвого збільшення урожайності всіх зернових культур та досягнення валового виробництва зерна в країні до 100 млн тонн.

References

Derevjnko, D., Sukmaniuk, E. & Derevjnko, O. (2017). Grain crops injuries and drying modes while seeds preparation. *INMATEH – Agricultural*

Engineering, 53 (3), 89–94.

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.

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.

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.

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.

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.