

## ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ПІД ЧАС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЙОГО ПІДГОТОВЛЕННЯ

**Дерев'яно Дмитро Аксентійович**

доктор технічних наук, професор  
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна  
ORCID: 0000-0001-8487-2153  
derevyanko.dmutro@gmail.com

**Поліщук Віктор Миколайович**

доктор технічних наук, професор  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна  
ORCID: 0000-0002-9654-9051  
polishchuk@nubip.edu.ua

**Грудовий Роман Сергійович**

кандидат технічних наук, доцент  
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна  
ORCID: 0000-0002-7273-9432  
derevyanko.dmutro@gmail.com

**Дерев'яно Олексій Дмитрович**

магістр  
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна  
ORCID: 0000-0001-8487-2153  
derevyanko.dmutro@gmail.com

*У зв'язку із збільшенням кількості населення на нашій планеті у найближчі 20-30 років до 10 мільярдів осіб та погіршенням екологічного стану довкілля, тобто забруднення ґрунту, води, повітря, особливого значення набуває виробництво і забезпечення людей якісними продуктами харчування. Тому виробництво в Україні зерна в кількості 100 млн. тонн є важливим завданням державного значення. Для його виконання необхідною умовою є підготовка не менше 2,5 млн тонн високоякісного насіння, що в значній мірі залежить від наявності технічних засобів і технологічних можливостей вітчизняної агроінженерної галузі.*

*Головною метою досліджень ставиться отримання насіння високої якості за всіх технологічних процесів його підготовки від збирання до сівби шляхом зниження макро- та мікротравмування зернівок і вдосконалення оптимальних режимів роботи робочих органів різних технічних засобів, тобто конструкційних вдосконалень і модернізації.*

*В результаті досліджень встановлено, що травмування насіння під час технологічного процесу його підготовки залежить від кількості завантаження, властивостей компонентів, технічних характеристик технічних засобів і їх робочих органів, зокрема швидкості руху, обертання, кроку розміщення витків, діаметру, кута нахилу, матеріалу тощо.*

*При нахилі витків шнекового транспортера під час протруювання більше 15°, а обертання маси в камері під час проходження процесу із швидкістю більше 6 рад. с-1 кількість травмованих зернівок збільшується.*

*У перспективі подальшого дослідження впливу робочих органів різних технічних засобів за технологічних процесів підготовки насіння високої якості, необхідне їх проведення у комплексі та взаємозв'язку.*

**Ключові слова:** насіння, якість, рух, швидкість, кути нахилу, сила, мікротравмування, технічні засоби.

DOI <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.2.2>

Постановка проблеми. У аграрному секторі економіки за кількістю виробленого зерна оцінюється сталий, економічний і стратегічний розвиток України. А з урахуванням прогнозу найближчих двох – трьох десятиріч років щодо зростання світової чисельності населення до 10 мільярдів чоловік, забезпечення їх якісними продовольчими товарами, де зерно-продукти відіграватимуть важливу роль, буде дуже серйозним завданням.

Наявність високородючих ґрунтів, високий рівень технічного та технологічного розвитку, вагомий кадровий

потенціал, потужна селекційна робота та інші позитивні фактори дають можливість виробляти біля 100 млн. тонн зерна, для цього необхідно забезпечити підготовку високоякісного насіння в межах 2,5 млн. тонн, що є актуальним з точки зору науки і практики.

Необхідно наголосити, що за останні 2–3 роки до 2022 року продукція рослинництва у нашій країні займала біля 80% від усієї сільськогосподарської продукції, із якої зернобобові займали біля 40%, а експортна реалізація у валютному еквіваленті перевищувала 30% валютного

прибутку країни, тому підготовки і засівання більше 10 млн площ зернових високоякісним насінням є важливим економічним і стратегічним завданням.

Адже саме якісне, високопродуктивне насіння поряд з іншими важливими факторами забезпечує формування більше 50% майбутнього врожаю. Але поряд із цим існує інша важлива реальність відставання із конструюванням та виробництвом нових, вітчизняних, сучасних, високопродуктивних технічних засобів та технологічних складових підготовки високоякісного насіння.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження (Vasilenko et al., 1985; Golovach et al., 2017) свідчать, що робочі поверхні технічних засобів під час технологічного процесу впливають на пошкодження насіння, а забезпечення поживними речовинами і травмування знижує якість насіння.

В роботах (Gamayunova et al., 2019; Gadzovsky et al., 2019) стверджується, що під час збирання зернових культур мікротравмування зернівок молотильними апаратами, особливо барабанного типу, сягає інколи більше 35%, що підтверджується даними інших вітчизняних і закордонних дослідників. Встановлено, що під час післязбирального оброблення зернового вороху і підготовки посівного матеріалу різними насіннеочисними машинами травмується більше 30% зернівок, а під час транспортування та завантаження мікротравмування насіння озимої пшениці зростає більше 20%, а озимого жита сягає інколи навіть 30% і більше.

Внаслідок суттєвого травмування зернівок відбувається швидкий розвиток мікроорганізмів, особливо таких як фузаріоз, гельмінтоспоріоз, септоріоз та плісневі грибки. Тому у взаємозв'язку, біологічні особливості, навколишнє середовище, мікротравмування та бактерії сприяють псуванню насіння і зниженню його якісних показників, особливо схожості, що при будь-яких наступних сприятливих обставинах приведе до зниження майбутнього врожаю.

В наступних роботах (Derevyanko et al., 2020; Zabrodin et al., 2018; Pospelov et al., 2019; Mellmann et al., 2019; Orobinsky et al., 2018; Vogatyreva et al., 2016; Pascoe et al., 2015; Tarasenko et al., 2009; Tishchenko et al., 2011) вказується, що забезпечення ґрунту поживними речовинами у повній відповідності щодо потреби всіх необхідних поживних елементів сприяє значному підвищенню якості насіння, а вплив робочих органів технічних засобів під час післязбирального оброблення і транспортування насіння сприяє його травмуванню в межах 20–30%, в залежності від інших діючих факторів.

**Метою досліджень** є покращення показників якості насіння зернових культур, особливо його схожості, маси натур, наявності білка, клейковини шляхом зниження його травмування на всіх стадіях технологічних процесів від збирання до сівби та розроблення обладнання для реалізації цих процесів під час виробництва.

**Результати досліджень.** Під час технологічного процесу протруєння насіння озимої пшениці, жита або будь-якої іншої зернової культури, відбувається його транспортування шнековим транспортером у камеру змішування, де на деформацію і мікротравмування впли-

ває кут нахилу витків, зусилля притиснення до корпусу, обертання, дії відцентрової  $F_{відц}$  сили, сили ваги зернівки  $G$  та сили  $F_{тр}$  тертя із внутрішньою частиною корпусу та шнека. Дослідження показують, що кількість насіння, що транспортується гвинтовим транспортером у камеру протруєння має лінійну залежність до площі поперечного перерізу шнека. В такому випадку аналітична залежність розрахунку відповідного об'єму насіння буде пропорційна кроку розміщення витків, або коефіцієнту  $k$ , що виражає щільність насіння і відстані між витками, діаметру  $d$  та частоти обертання шнека  $n$ , м і об/хв.

$$V_n = k \cdot d \cdot n. \quad (1)$$

Під час обертання шнека на травмування зернівок діє сила тертя  $F_{тр}$  і відцентрова сила  $F_{відц}$  (рис.1).

Аналіз задачі теорії пружності, деформації і напружень у механіці сипучого середовища потребує, щоб до рівня рівноваги необхідно додати експериментальне обґрунтування присутності в кожній точці максимально напруженого стану, або дотримання критерію Кулона-Мора.

При такому статистичному визначенні системи, опис кількості насіння можна надати наступним виразом:

$$(\delta_x - \delta_y)^2 + \phi \cdot \tau_{xy}^2 = \sin^2 \phi (\delta_x + \delta_y + 2H)^2, \quad (2)$$

де  $\delta_x, \delta_y, \tau_{xy}$  – компоненти напружень у декартовій системі координат;  $H$  – опір розрідження;  $\phi$  – кут тертя внутрішніх робочих органів.

Таким чином нахилення витків, згідно цих розрахунків, сприяє зростанню зусилля притиснення насіння до внутрішньої частини корпусу, внаслідок чого інколи травмується 35–40% зернівок.

Аналітичним методом можемо визначити вплив кута у при взаємозв'язку коефіцієнта тертя зернівок із поверхнею шнека. Збільшення сили притиснення насіння до корпусу дорівнюватиме нулю, якщо  $\sin \gamma = \cos \gamma \tan \phi$ , якщо  $\gamma = \arctg \tan \phi$  і якщо перша частина практично не залежить від кута  $\gamma$  при допустимій межі 10–20°, (рис. 2).

Для забезпечення зменшення зусилля притиснення і мікротравмування насіння під час технологічного процесу його оброблення необхідно ретельно обробляти

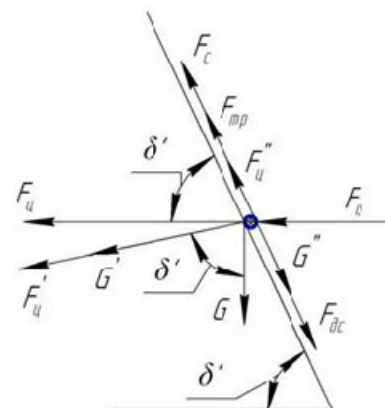


Рис. 1. Дія сил на насіння під час обертання гвинта шнека

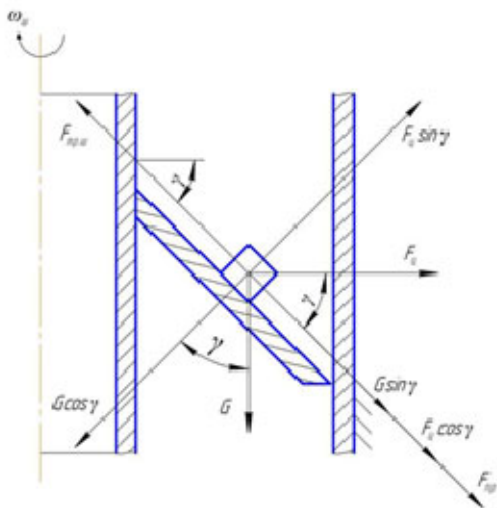


Рис. 2. Дія сил на зернівку при нахилени витка гвинта

поверхню гвинта шнека під час його виготовлення, щоб досягти коефіцієнта тертя 0,2–0,3, а кут нахилени витка відносно осі шнека повинен знаходитися в межах 10–15°. Якщо витки розміщені в таких параметрах, то обчислення критичної частоти обертання шнека проводимо за таким виразом:

$$n_{кр} \geq \frac{30}{\pi \sqrt{\frac{g(\sin \alpha + f_{ш} \cdot \cos \alpha)}{R \cdot f_k (\cos \alpha - f_{ш} \cdot \sin \alpha)}}}. \quad (3)$$

Тому зменшення критичної частоти обертання вертикального шнека із-за мінімального кута нахилу знижує притискання і відповідно травмування насіння (рис. 3).

Для підвищення ефективності процесу транспортування та зниження мікротравмування насіння гвинтовим шнеком, необхідно у його нижній частині встановити короткий наконечник із однією короткою лопатею і виготовлений з гуми, або пластмаси, тобто пом'якшувальних матеріалів.

Під час технологічного процесу протруювання насіння до завантаження в камеру, або після неї може

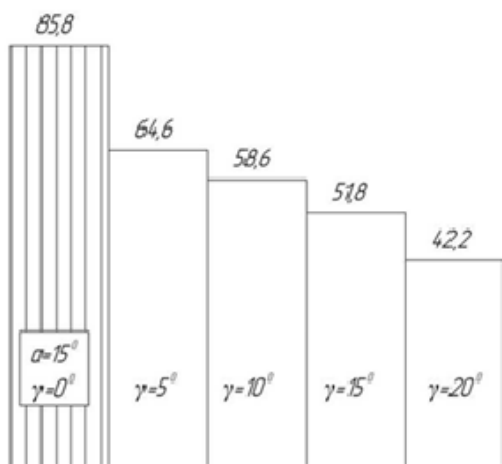


Рис. 3. Розподілення критичної частоти обертання гвинта шнека

накопичуватись у відповідних бункерах, де необхідно бокові стінки розмістити під оптимальним кутом нахилу. Від такого кута залежатиме сила тертя  $F_{тр}$  зернівок із стінками і відцентрової сили,  $F_{відц}$  (рис. 4).

Кут нахилу бокових стінок від якого залежить мікротравмування зернівок у місцях накопичення насіння під час протруювання отримаємо згідно наступного розрахунку:

$$\delta > \arctg \left( \frac{\omega_{ш}^2 \cdot R + g \cdot f_3}{g - \omega_{ш}^2 \cdot R \cdot f_3} \right), \quad (4)$$

де  $f_3$  – коефіцієнт тертя зернівок з внутрішніми стінками бункера накопичення насіння.

Під час потрапляння насіння в камеру протруювача при обертах диска-розподільника із швидкістю  $\omega=60$  об/хв. проходить зіткнення зернівок з внутрішніми стінками камери змішування, сила ударяння при цьому буде пропорційною масі, швидкості руху і оберненопропорційною часу, за який насіння сягає робочої поверхні. Рівняння руху матиме наступний вигляд:

$$\begin{cases} m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_x \left( t, x(t), y(t), z(t), \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt} \right); \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} = F_y \left( t, x(t), y(t), z(t), \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt} \right); \\ m \frac{d^2 z}{dt^2} = F_z \left( t, x(t), y(t), z(t), \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt} \right). \end{cases} \quad (5)$$

де  $F_x, F_y, F_z$  – проекції на осі діючих сил, які надають прискорення зернівкам масою  $m$  за час  $\Delta t$  за який вони досягають стінки камери, що впливає на мікротравмування насіння під час технологічного процесу яке відбувається на різних ділянках, а саме під час завантаження, накопичення, змішування та розвантаження.

Застосуємо метод стохастичного моделювання з певним інтервалом часу, впродовж якого певна частина насіння проходить окрему частину шляху під час технологічного процесу. Такий час буде залежати від параметрів робочих органів, швидкості їх обертання, шляху руху

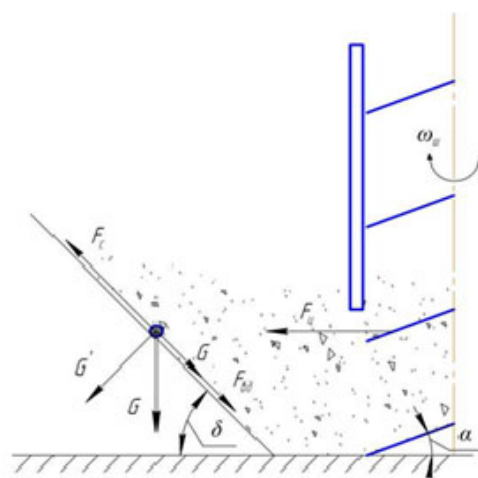


Рис. 4. Дія сил на зернівку біля внутрішніх стінок

насіння, висоти падання насіння зернівок, консистенції, в'язкості, вологості робочого органу і всієї насінневої маси, що протруюється.

Для моделювання динаміки руху під час цих процесів з урахуванням згаданих факторів застосовуємо нормальний закон ймовірності розподілення при падінні зернівок від часу і сили ударяння за щільністю розміщення.

Таким чином при моделюванні компоненти ударів  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  є функціями від часу  $t$ :  $F_x(t)$ ,  $F_y(t)$ ,  $F_z(t)$ , а розрахунок виконується у полярних координатах при допомозі комп'ютерного обчислення з використанням програмного забезпечення.

Мікротравмування насіння відбувається протягом повного обертання диска-розподільника, повного циклу роботи камери протруювача, за певний період часу, що розглядається під час стохастичного моделювання. Пружні та в'язкі властивості насіння у вологому робочому розчині є змінними, що суттєво впливає на характер деформації, травмування і якісні показники зернівок.

Для теоретичних розрахунків пружних та в'язких властивостей зернівок необхідні початкові умови значень параметру розмірності розсіювання зовнішнього впливу.

Дослідження деформації та травмування зернівок, що надано рівняннями, виконано способом чисельного їх розв'язку. Початкові розмірності деформації, це геометричні та вагові їх значення у вигляді радіуса  $r = 4,5-5,5$  мм і маси  $m = 0,04-0,06$  г.

Використавши програми файл-функції "ELIPS" проведено теоретичні розрахунки і побудовано графічні залежності, (рис. 5, 6, 7).

Аналіз рис. 5, 6, 7 показує, що широкою лінією надано результати моделювання сил, що сприяють травмуванню насіння, а ділянки напруження показують тонкі лінії. Коливання нормальних напружень, що чергуються з плавними та різкими перепадами пов'язано з пластичними, пружними і в'язкими властивостями зернівок, що проявляються у загальній вологій зерновій масі під час протруювання. Дисперсія сили  $F_z$  на вертикальну вісь, рис. 7, суттєво перевищує дисперсії проєкцій сил  $F_x$  і  $F_y$ , що є свідченням про переважання впливу висоти

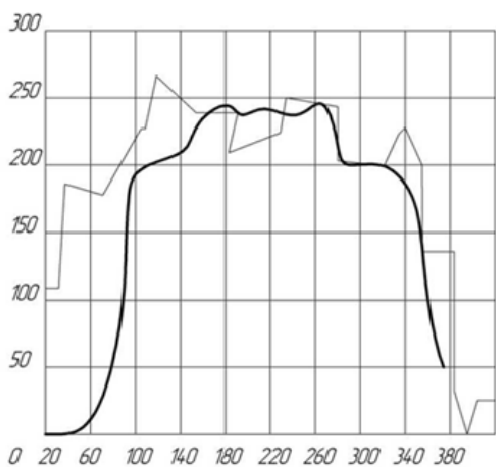


Рис. 5. Залежність від часу  $t$  напруження  $\delta_x(t)$  і сили  $F_x(t)$

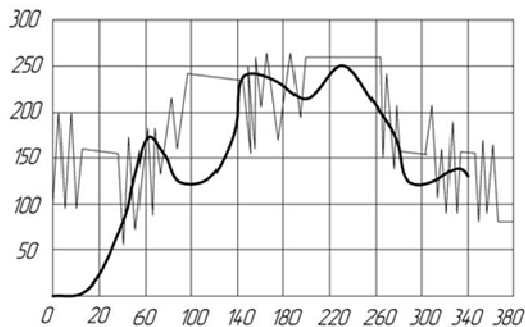


Рис. 6. Залежність від часу  $t$  напруження  $\delta_y(t)$  і сили  $F_y(t)$

падіння зернівок до дна камери порівняно із переміщенням маси в камері на мікротравмування.

**Висновки.** Під час технологічного процесу протруювання озимої пшениці Миронівська 65 експериментально встановлено, що маса 1000 зернівок знаходиться в межах 45–55 г, швидкість руху з диска в камеру становить біля 5,5 м/с, час переміщення до внутрішньої поверхні стінки камери коливається 0,001–0,002 с, висота падіння з диска діаметром 850 мм до дна камери становить 600 мм, а сила ударяння під час падіння зернівок становитиме біля 0,6–0,8 Н, що створюватиме сприятливі умови для мікротравмування насіння в кількості 6–6,5%, інколи навіть і більше.

Зменшення сили руху  $F_p$  в камері протруювача менше 1 Н і збільшення сили опору до 2–3 Н, сприятиме зменшенню мікротравмування на 2,1–2,4%, що забезпечить покращення якісних показників насіння.

Аналіз розрахунків мікротравмування насіння під час завантаження в накопичувальний бункер показує пряму залежність можливого мікротравмування від кількості насіння, його біологічних властивостей, щільності, кроку і нахилення витків до корпусу, діаметра і частоти обертання диска-розподільника насіння, сил притиснення зернівок до внутрішніх стінок корпусу.

При обертах диска-розподільника 60 об/хв насіння рухаючись ударяється між собою та із стінками камери,

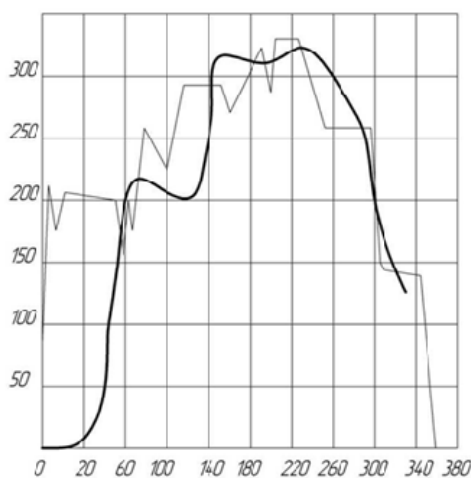


Рис. 7. Залежність від часу  $t$  напруження  $\delta_z(t)$  і сили  $F_z(t)$

травмується, а сила ударяння при цьому пропорційна масі насіння, швидкості руху і оберненопропорційна часу.

Дослідженнями встановлено, що під час перемішування насіння із вологим робочим розчином, у складі води, ядохімікатів-протруювачів і насіння, травмування зернівок проявляється через 3–4 хвилини від початку

проходження процесу, тобто від завантаження і перемішування від взаємозіткнення, взаємоударяння і ударяння із стінками камери. Мікротравмування негативно впливає на показники якості насіння, особливо на його схожість, що в свою чергу знижує врожайність будь-якої зернової культури.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Vasilenko, P.M., Pogorely, L.V. (1985). Fundamentals of scientific research. Kyiv, Higher school. 266.
2. Golovach, I.V., Derevyanko, D.A., Derevyanko, O.D. (2017). Injury of seeds during drying by technical means. All-Ukrainian scientific and technical journal. VNAU. 1 (96). 78–82.
3. Gamayunova, V.V., Kasatkina, T.O. (2019). Influence of optimization of nutrition of spring barley on formation of grain quality in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. Scientific Horizons. 10 (83), 3–12. doi: 10.33249/2663-2144-2019-83-10-3-12
4. Gadzovsky, G.L., Lemeshik, A.V., Novitskaya, N.V. (2019). Influence of injury on sowing qualities of seeds. For results II-th All-Ukrainian Scientific Internet Conference: Innovative technologies in crop production (May 15, 2019, Kamenets-Podolsky, Ukraine), 23.
5. Derevyanko, D.A., Derevyanko, O.D. (2020). Theory and experiments of injury and seed quality: a monograph. ZhNAEU. 559.
6. Derevjanko, D., Holovach, I., Bulgakov, V., Ihnatiev, Ye., Nozdrovický, L. (2020). Mathematical model of uniform cereal crops seeding using a double-disk coultter. Acta Technologica Agriculturae. 23 (4). 195-200. doi: 10247/ata-2020-0031
7. Zabrodin, V.P., Butenko, A.F., Sukhanova, M.V., Cheptsov, S.M. (2018). Investigation of the impact of a mechanical device on winter wheat seeds. Agricultural machines and technologies. 12 (2). 14–18. doi: 10.22314/2073-7599-2018-12-2-14-18
8. Pospelov, S.V., Pospelova, G.D. (2019). Evaluation of sowing qualities of echinacea seeds depending on their injury. ScienceRise. 2-3 (55-56). 25-30.
9. 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.
10. 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.
11. Bogatyreva, E.N., Seraya, T.M., Biryukova, O.M., Kirdun, T.M., Belyavskaya, Y.A. (2016). Factors for conversion of grain and seeds into by-products and the content of basic nutrients in by-products of agricultural crops in the Republic of Belarus. Soil science and agrochemistry. 2 (57). 78-89.
12. Pascoe, R.D., Fitzpatrick, R., Garratt, J.R. (2015). Pradiction 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.
13. Tarasenko, A.P., Orobinsky, V.I., Gievskiy, A.M., Sundev, A.A. (2009). Qualitative indicators of the Pektus seed cleaning plant. Bulletin of VGAAU, 2 (21).
14. Tishchenko, L.N., Olshansky, P.P., Olshansky, S.V (2011). Vibroscreen separation of grain mixtures. Kharkiv, Ukraine: Miskdruk, 2011. 280.

**Derevjanko D. A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

**Polishchuk V. M.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Grudovy R. S.**, Candidate of Technical Sciences, Assistant of Professor, Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

**Derevjanko O. D.**, Master, Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

#### **Injury and quality grain crops seed during the technological process of the preparation**

*The production and provision of people with quality food becomes especially important due to the increase in population of the planet in the next 20-30 years to 10 billion people and the deterioration of the ecological state of the environment namely the pollution of soil, water and air. Therefore, the production of 100 million tons of grain in Ukraine is an important task of nationwide scale. A prerequisite for its implementation is the preparation of at least 2.5 million tons of high quality seeds which largely depends on the availability of technical facilities and technological capabilities of the national agro-engineering branch.*

*The main purpose of the research is to obtain high quality seeds for all technological processes of their preparation from harvesting to sowing by reducing grain macro- and micro-traumas and improving the optimum performance of various technical means namely design improvements and modernization.*

*As a result of research it is established that injury of seeds during technological process of their preparation depends on quantity of loading, properties of components, technical characteristics of technical means and their working bodies, in particular speed of movement, rotation, placement of turns, diameter, angle, material, etc.*

*The number of injured grains increases when tilting the turns of the auger conveyor during mordanting more than 15 ° and the rotation of the mass in the cabinet during the process at a speed of more than 6 rad. s-1.*

*In the direction of future research of the working bodies of various technical means influence on the technological processes of high quality seeds preparation, it is necessary to conduct them in a complex and interconnected way.*

**Key words:** seeds, quality, movement, speed, angles of slope, force, micro-traumas, technical means.