

which provides the highest quality of gas-thermal coatings. Spray powders are made by mechanical alloyage using a planetary mill. The starting components for this were vanadium carbide powder, ferrochrome and nickel cobalt alloy. It has been established that wear resistance of sprayed coatings by these methods is 75 ... 100 times higher than the bases of D16, 3 ... 5 times higher than steel 100Cr6 (HRC60 for friction with hardened abrasive).

The corrosion and electrochemical properties of coatings in a 3% NaCl solution at a temperature of 20 ± 0.2 °C have been estimated and they have high corrosion strength, which correlates with their porosity. The long-term exposure of coated samples in a 3% NaCl solution leads to the penetration of aggressive media into the interface of the backing coating, which can cause subfilm corrosion and peeling of the coating. It has been established that the highest corrosion resistance has a VC-FeCrCo coating, the porosity of which does not exceed 0.5%, obtained by the plasma method in a dynamic vacuum. Its corrosion currents are 2 times lower compared with the same coating obtained by the HVOF method.

spray, coverage, structure, wearproofness, inoxidizability, supersonic gas-flame spray method, method of plasma spray of coatings in a dynamic vacuum

Одержано (Received) 20.11.2018

Прорецензовано (Reviewed) 22.11.2018

Прийнято до друку (Approved) 20.12.2018

УДК 631.374:631.362

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.110-117>

В.Л. Куликівський, канд. техн. наук, **В.М. Боровський**, ст. викл., **В.К. Палійчук**, доц., канд. техн. наук

Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна

e-mail: kylikovskiy@ukr.net

Транспортування зерна сої гвинтовими робочими органами під час збирання та післязбиральної обробки

Представлено результати експериментальних досліджень технологічного процесу переміщення зерна сої, гвинтовими робочими органами збиральних та очисних машин, які були направлені на визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів транспортерів. Встановлено, що основний вплив на травмування зернового матеріалу транспортером мають зазор між витками і кожухом, частота обертання гвинтового робочого органу та вологість насіння сої.

вологість насіння, гвинтовий робочий орган, зерновий матеріал, параметри, травмування, транспортування, соя

В.Л. Куликовский, канд. техн. наук, **В.Н. Боровский**, ст. преп., **В.К. Палийчук**, доц., канд. техн. наук

Житомирский национальный агроэкологический университет, г. Житомир, Украина

Транспортировка зерна сои винтовыми рабочими органами при уборке и послеуборочной обработке

Представлены результаты экспериментальных исследований технологического процесса перемещения зерна сои, винтовыми рабочими органами уборочных и очистительных машин, которые были направлены на определение рациональных конструктивно-технологических параметров транспортеров. Установлено, что основное влияние на повреждение зернового материала транспортером имеют зазор между витками и кожухом, частота вращения винтового рабочего органа и влажность семян сои.

влажность семян, винтовой рабочий орган, зерновой материал, параметры, повреждение, транспортировка, соя

© В.Л. Куликівський, В.М. Боровський, В.К. Палійчук, 2018

Постановка проблеми. Під час виконання технологічних процесів, сільськогосподарського виробництва, зерно неодноразово піддається ударам, стисканням і тертю, що супроводжується пошкодженням поверхневих та внутрішніх тканин насінин. Післязбиральна обробка включає в себе основні технологічні операції (очищення, сортування, сушіння) і допоміжні (транспортування, розподілення та накопичення).

Нерідко деформація зерна не супроводжується пошкодженням поверхневих шарів насінини. Після зняття навантаження, зернина за рахунок пружних властивостей відновлює свої розміри і зовні здається неушкодженою, хоча внутрішні її тканини травмовані. Зниження посівних якостей насіння пов'язано не стільки з наявністю видимих травм, скільки з пошкодженням внутрішніх тканин зернин при їх деформації, що істотно залежать від вологості матеріалу.

Основною причиною, що викликає пошкодження насіння, є механічна дія робочих органів машин і знарядь під час післязбиральної обробки, сушіння та транспортування. Значна частина травмованого насіння з'являється вже на етапі збирання.

Рівень травмування зерна при збиранні залежить від досконалості конструкції збиральних машин, режимів роботи їх робочих органів, строків і способів збирання та фізико-механічних властивостей зерна в момент обмолоту. З фізико-механічних властивостей зерна сої найбільший вплив на якість насіння має вологість в момент обмолоту, яка залежить від погодних умов під час збирання.

Зерно сої до обробки має 22 % зовнішніх пошкоджень, а після очищення, сортування і сушіння – 55 % ушкоджень. З огляду на той факт, що понад 10% пошкодженого насіння потрапляє у відходи, загальна кількість травмованих зернин потоковою лінією становить 43%. Від загальної кількості пошкоджених насінин більше 50% травмується при вантажно-розвантажувальних і транспортних операціях.

Тому, вирішення наукового завдання, яке полягає у дослідженні, розробці та практичному впровадженні раціональних конструкцій транспортерів із мінімізацією впливу робочих органів на пошкодження насінневого матеріалу, є актуальним для сільськогосподарської галузі країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Встановлено, що в комбайнах джерелами механічного пошкодження насіння є гвинтові транспортери і елеватори, які впливають на утворений після сепарації зерновий потік [1, 2]. Основною причиною механічного пошкодження зерна транспортуючими органами є зношування витка чи порушення зазору між гвинтом і кожухом [3, 4].

При очищенні, сортуванні, сушінні, а також транспортуванні, зерно піддається механічним пошкодженням, в ряді випадків, більшим ніж при обмолоті його комбайнами [5-7]. Картина ускладнюється ще й тим, що з метою підвищення глибини очищення зерно пропускають через очисні машини багаторазово. До того ж, зерно за період зберігання, кілька разів перекачують з силосу в силос. Середній шлях проходження насіння по транспортуючим механізмам становить близько 1500 м.

Постановка завдання. Мета досліджень полягає у встановленні залежності пошкодження зерна сої від параметрів гвинтових транспортерів збиральних та очисних машин. Визначити вплив режимів роботи гвинтових транспортерів на якісні показники насінневого матеріалу.

Виклад основного матеріалу. Дослідженнями встановлено, що механічне пошкодження зерна сої при транспортуванні гвинтовими робочими органами залежать

від багатьох факторів, основними з яких є частота обертання шнека, зазор між гвинтом і кожухом, вологість насінневого матеріалу.

В більшості горизонтальних і похилих гвинтових транспортерах зернозбиральних комбайнів та зерноочисних машин, згідно технічних характеристик, зазор між витком і кожухом становить 10 мм. Даний параметр (зазор) найбільш змінний в результаті протікання процесів зношування витків зерною масою. Від його величини суттєво залежать основні показники роботи шнека (рис. 1). Особливе значення зазор «виток-кожух» має для шнеків зернозбиральних комбайнів та зерноочисних машин, де від його величини залежить ступінь пошкодження зерна при транспортуванні [8].

На зернину сої в зазорі, коли є ступені вільності її переміщення відносно контактних поверхонь, діють наступні сили: сила ваги зернини; реакція поверхні кожуха; реакція поверхні витка; опір шару сусідніх насінин. Ці сили, в даному випадку, породжують моменти обертового руху насінини при її не защемленні: момент від сили ваги; момент від реакції кожуха; момент від реакції витка; момент від опору сусідніх зернин.

Однак, таке переміщення зернин сої в зазорі, коли є поступальний та обертовий рух представляється типовим для зазорів між кожухом і витком менших, ніж найменший розмір насінин. Тобто, для умов нормального транспортування зерна шнековою поверхнею на границі переходу до нерухомого кожуха. При цьому, зазначені зусилля в основному витрачаються на виконання роботи з переміщення зерна і тільки частково на тертя та спрацювання робочих поверхонь витка і кожуха.

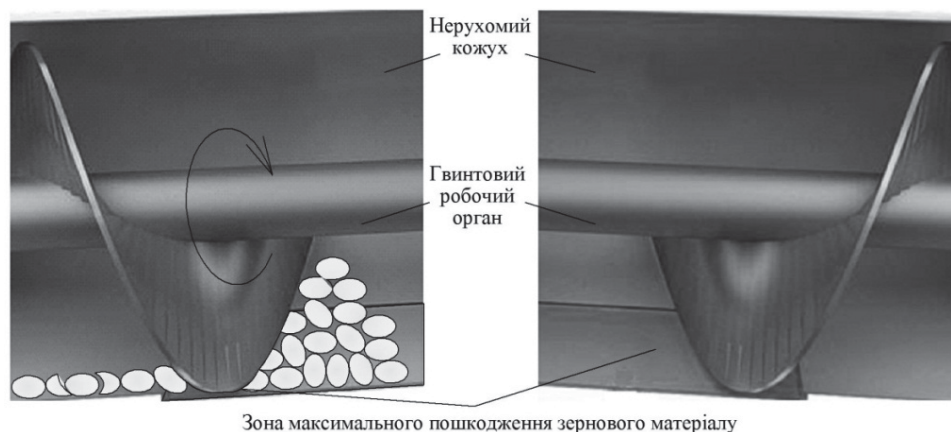


Рисунок 1 – Переміщення зернового матеріалу гвинтовим робочим органом транспортера
Джерело: розроблено автором

Таким чином, спочатку зернина переміщується вздовж осі гвинтового робочого органу, виконуючи складний рух ковзання по поверхням тертя з прокручуванням навколо власного центра мас. Це може продовжуватися до виникнення умов защемлення зернини в зазорі. А такі умови складаються внаслідок зношування робочої поверхні витка, стирання переднього кута взаємодії з зерною масою і виникнення щільної захвату насінини.

З метою підвищення продуктивності праці при проведенні експериментальних досліджень впливу конструктивно-технологічних параметрів гвинтових транспортерів на пошкодження зерна сої (сорту Артеміда), було використано конструкцію універсального стенду [3]. Його мобільність в циркуляції сипкого матеріалу і розширені технологічні можливості в знятті різних характеристик механізмів

дозволяють проводити випробування гвинтових транспортерів та шнекових живильників зернозбиральних комбайнів і зерноочисних машин. Наявність у робочих органів транспортерів власних окремих приводів дозволяє підвищити надійність стенду та надає можливість незалежного керування швидкістю обертання кожного гвинта.

При визначенні пошкодження насіння, після переміщення гвинтовим робочим органом, зерно потрапляло на спеціальні решета [4], що дозволяли виділити пошкоджені насінини з основного матеріалу. Вологість насіння сої визначали за ДСТУ 4138-2002 [9].

Визначення травмування насіння проводили за методикою фарбування робочих проб зерна по 100 шт., виділених з насіння основної культури, розчином індигокарміну [10]. Через 1-2 хвилини розчин зливали, насіння підсушували на фільтрувальному папері і в кожній пробі підраховували макротравмовані насінини, тобто з видимими неозброєним оком відчленованими частинами насінин та мікротравмовані насінини з пофарбованими тканинами. Вміст макро- і мікротравмованих насінин виражали у відсотках як середнє з двох повторень. До макротравм відносили такі типи ушкоджень: вибита частина сім'ядолей; частково або повністю видалена насіннева оболонка; різні вм'ятини та деформації насіння. Мікротравми, після переміщення гвинтовим робочим органом, візуально не спостерігаються, але завдають великої шкоди насінню сої. До них належать: мікропошкодження сім'ядолей з внутрішніми тріщинами; мікропошкодження оболонок насіння.

На стенді для проведення досліджень встановлювалися серійні шнекові живильники (зерноочисних машин, зернозбиральних комбайнів) та розроблений транспортер [4], особливістю якого є можливість регулювання зазору між гвинтом та кожухом (1...20 мм). Здійснювалося переміщення зернового матеріалу від завантажувального лотка до розвантажувального патрубку (відстань транспортування – 1,5 м), паралельно фіксувалися покази вимірювальних приладів.

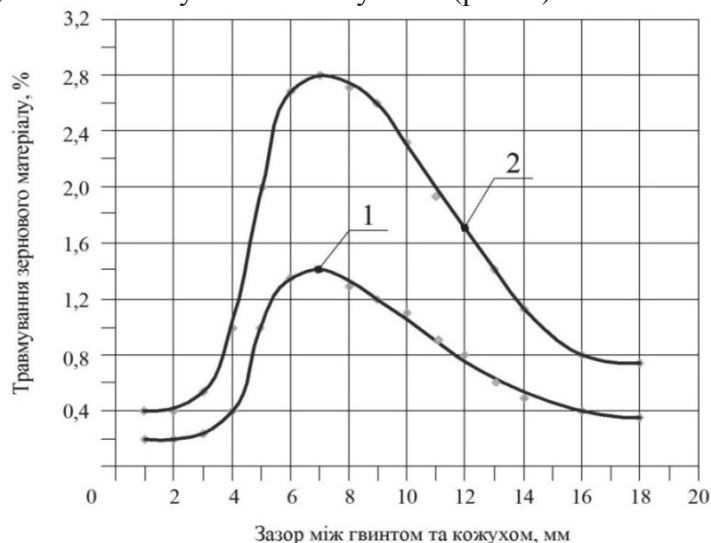
Попередніми дослідженнями визначено [3, 4], що збільшення частоти обертання гвинтового робочого органу призводить до зростання травмування за рахунок інтенсивнішого тертя зерен об поверхні, що контактують та повторних взаємодій з витком.

Проведеними дослідженнями встановлено, що у зазорі «виток-кожух» меншому за мінімальні розміри зерен сої, защемлення їх в процесі переміщення по кожуху практично не спостерігається (частота обертання гвинтового робочого органу транспортера – 200 об/хв.). При досягненні величини зазору 5...10 мм, відбувається інтенсивне зростання пошкодження зерна (рис. 2). У зв'язку з тим, що загальна відстань переміщення зернового матеріалу гвинтовими робочими органами зернозбиральних комбайнів та зерноочисних машин – значна (3...8 м), насіння сої декілька разів пропускали через транспортер випробувального стенда. Дана операція дозволила максимально наблизити експериментальні дослідження гвинтових транспортерів до реальних умов експлуатації.

Збільшення відстані транспортування істотно впливає на пошкодження зернового матеріалу. Під час дворазового пропускання зерна сої через шнек (відстань транспортування становила 3 м), максимальне травмування насіння (при зазорі – 6...8 мм) склало 1,4 % від загальної кількості переміщеного зерна. Збільшення відстані транспортування вдвічі (6 м), призвело до істотного зростання пошкодження зерна, що досягло 2,8 %, при зазорі – 7 мм.

Найпоширеніший вид пошкодження насіння сої, під час дослідження процесу переміщення зернового матеріалу гвинтовими транспортерами – мікро- та макротравмування сім'ядолей. Встановлено, що мікропошкодження насіння сої

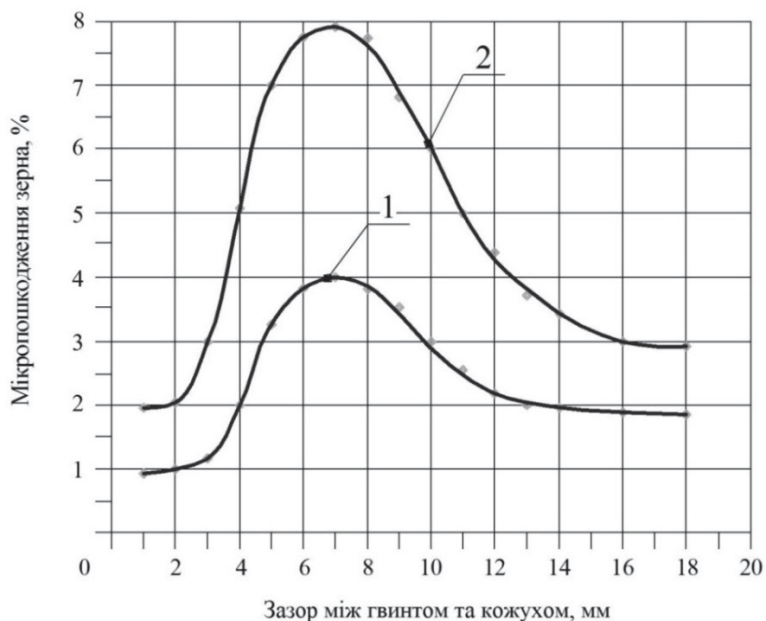
досягають свого максимуму при зазорах між гвинтом та кожухом, близьких до товщини зернини, а потім поступово зменшується (рис. 3).



- 1 – дворазове пропускання матеріалу через шнек (відстань транспортування 3 м);
2 – чотирихразове пропускання матеріалу через шнек (відстань транспортування 6 м)

Рисунок 2 – Травмування зернового матеріалу (соя) в залежності від зазору між гвинтом та кожухом транспортера (при $n=200$ об/хв)

Джерело: розроблено автором



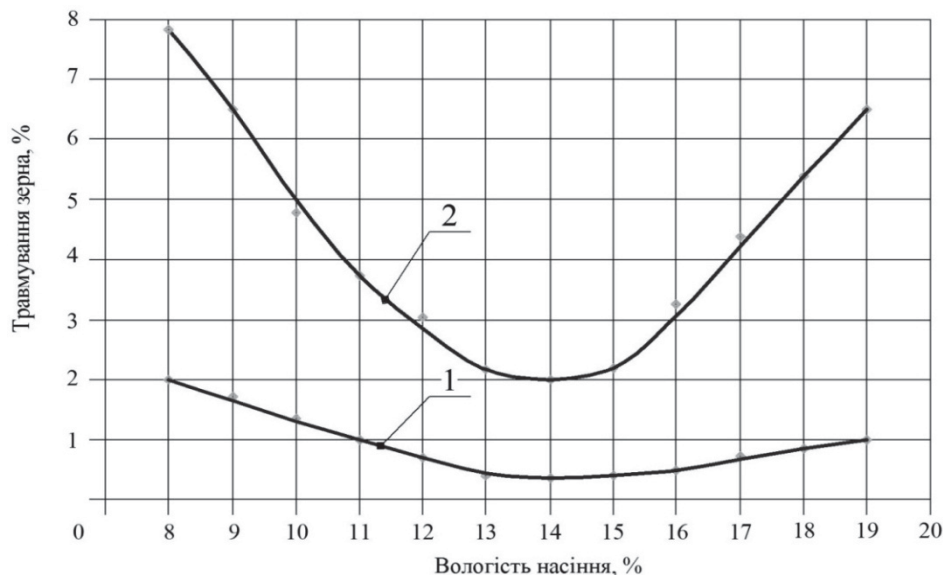
- 1 – дворазове пропускання матеріалу через шнек (відстань транспортування 3 м);
2 – чотирихразове пропускання матеріалу через шнек (відстань транспортування 6 м)

Рисунок 3 – Мікропошкодження зерна сої в залежності від зазору між гвинтом та кожухом транспортера

Джерело: розроблено автором

Пошкодження зерна сої, гвинтовими транспортерами, при збиранні залежить від його вологості (рис. 4). При високій вологості матеріалу, гвинтові робочі органи

деформують зернини сої і оболонка насінин відшаровується. Зниження вологості призводить до значного подрібнення зернин робочими органами транспортерів. Оптимальні показники вологості зерна сої, з точки зору утворення макро- та мікропошкоджень гвинтовим транспортером, знаходяться в діапазоні 13...15 %.



1 – макропошкодження зерна; 2 – мікропошкодження зерна

Рисунок 4 – Пошкодження зерна сої гвинтовим робочим органом серійного горизонтального транспортера в залежності від вологості насіння

Джерело: розроблено автором

Експериментальними дослідженнями встановлено, що в складі зернового матеріалу, після переміщення сої гвинтовим транспортером, присутня значна частина половинок насіння. Структурно – сильні половинки з'єднані відносно слабкими зв'язками. Половинки та пошкоджені насінини сої, в порівнянні з цілими зернинами, абсолютно по іншому взаємодіють з навколишнім середовищем – легше вбирають вологу, швидко заселяються мікроорганізмами. Травмовані та розділені зернини сої в 6 разів інтенсивніше «дихають», ніж ціле насіння, що призводить до активного виділення тепла і вологи. Таким чином, даний некондиційний матеріал є ймовірним джерелом самозігрівання зернової маси.

Висновки. 1. Встановлено оптимальну вологість збирання та очищення сої, за якої відбувається найменше травмування насіння гвинтовими робочими органами машин. Вологість насіння в межах 13...15 % сприяла суттєвому зниженню кількості травмованих зернин, під час транспортування.

2. Пошкодження зерна знижує лабораторну схожість насіння сої, яка варіюється в середньому по сортах в межах 80...90 %. Незважаючи на попереджувальні заходи, повністю уникнути травмування насіння шнеками не вдалося. Можливо лише обмежити ступінь пошкодження зерна. З цією метою, під час досліджень транспортерів, змінювали зазори між кожухом і гвинтом та швидкість його обертання. Встановлено, що при зазорі меншому за мінімальні розміри зерен сої, защемлення їх в процесі переміщення по кожуху практично не спостерігається.

3. Використання транспортерів зі встановленим мінімальним зазором між витками і кожухом (1...2 мм) дозволяє зменшити травмування зерна сої до 0,2 %, а

також втричі знизити мікропошкодження насіння гвинтовим робочим органом, при збереженні максимальної продуктивності процесу.

Разом з цим, питання впливу конструктивно-технологічних параметрів гвинтових транспортерів сільськогосподарських машин на травмування насіння зернобобових культур все ще залишається відкритим і подальші дослідження в цьому напрямку є актуальними.

Список літератури

1. Пугачев А.Н. Повреждение зерна машинами. Москва: Машиностроение, 1976. 320 с.
2. Тарасенко А.П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2003. 331 с.
3. Куликівський В.Л., Палійчук В.К., Боровський В.М. Дослідження процесу травмування зерна гвинтовим конвеєром. *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*, 2016. Вип. 46. С. 160–165.
4. Куликівський В.Л., Палійчук В.К., Боровський В.М. Травмування зернового матеріалу гвинтовими робочими органами шнекових живильників. *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*, 2017. Вип. 47, ч. I. С. 124–131.
5. Мьякин В.Н., Урюпин С.Г. Травмирование семян при послеуборочной обработке и пути его снижения. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 2006. №3. С. 73–75.
6. Оробинский В.И., Шатохин И.В., Парфенов А.Г. Качественные показатели работы зерноочистительного агрегата. *Лесотехнический журнал*, 2014. №3. С. 256–262.
7. Присяжная С.П. Конструктивно-технологические основы развития транспортирующих устройств, обеспечивающих снижение повреждения зерна сои. Благовещенск, 1992. 75 с.
8. Бойко А.І., Куликівський В.Л. Дослідження контактної взаємодії зерна в зазорі «виток-кожух» шнекових живильників зерноочисних машин. *Науковий вісник НУБіПУ. Сер. Техніка та енергетика АПК*, 2011. Вип. 166, ч. 1. С. 267–274.
9. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004-01-01]. Київ, 2003. 173 с. (Національний стандарт України).
10. Порядок організації насінневого контролю суб'єктами насінництва в Україні/ за ред. М.М. Гаврилюка. Київ: Аграрна наука, 2001. 49 с.

References

1. Pugachev, A.N. (1976). Povrezhdenie zerna mashinami [Damage to grain by machines]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
2. Tarasenko, A.P. (2003). Snizhenie travmirovaniya semjan pri uborke i posle uborochnoy obrabotke [Reduction of seed injury during harvesting and post-harvest treatment]. Voronezh: FGOU VPO VGAU [in Russian].
3. Kulykiv's'kyj, V.L., Palijchuk, V.K. & Borov's'kyj, V.M. (2016). Doslidzhennia protsesu travmuvannia zerna hvyntovym konveierom [Investigation of injuries grain screw conveyor]. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*, 46, 160-165 [inUkrainian].
4. Kulykiv's'kyj, V.L., Palijchuk, V.K. & Borov's'kyj, V.M. (2017). Travmuvannia zernovoho materialu hvyntovymy robochymy orhanamy shnekovykh zhyvylynykiv [Damage of grain material by screw working parts of screw feeders]. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*, 47, part.I, 124-131 [inUkrainian].
5. Myakin, V.N. & Uryupin, S.G. (2006). Travmirovaniya semyan pri posleuborochnoy obrabotke i puti ego snizheniya [Damage to seeds during post-harvest processing and ways to reduce it]. *News of the Orenburg State Agrarian University*, 3, 73-75 [inRussian].
6. Orobinskiy, V.I., Shatohin, I.V. & Parfenov, A.G. (2014). Kachestvennyie pokazateli raboty zernoochistitelnogo agregata [Quality indicators of the operation of the grain cleaning unit]. *Forestry engineering journal*, 3, 256-262 [inRussian].

7. Prisyazhnaya, S.P. (1992) Konstruktivno-tehnologicheskie osnovy i razvitiya transportiruyuschih ustroystv, obespechivayuschih snizhenie povrezhdeniya zerna soi [Structural and technological basis for the development of transporting devices that reduced a mageto soy bean grain] .Blagoveshchensk [in Russian].
8. Bojko, A.I. & Kulykivs'kyj, V.L. (2011). Doslidzhennia kontaktnoi vzaiemodii zerna v zazori «vytok-kozhukh» shnekovykh zhyvyl'nykiv zernoochysnykh mashyn [Research of contact co-operation of grain in a gap a «coil-chamfer» of screw feeders of grain cleaners]. *Naukovyj visnyk NUBiPU. Ser. Tekhnika ta enerhetyka APK. – Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Technique and energy of APK, 166*, part. 1, 267-274 [inUkrainian].
9. Nasinnia silskogospodarskih kultur. Metodi viznachennya yakosti [The seeds agricultural crops. Methods for determining quality]. (2003). *DSTU 4138-2002 from 1t January, 2004*. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
10. Havryliuka, M.M. (Eds.). (2001). Poriadok orhanizatsii nasinnievoho kontroliu subiektamy nasinnystva v Ukraini [The order of the organization of seed control subjects of seed production in Ukraine]. Kyiv: Ahrarnanauka [inUkrainian].

Vladimir Kulykivskyi, PhD tech. sci., **Victor Borovskyi**, Sr. Lect., **Vladimir Paliychuk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, Ukraine

Transportation of Soybean Grain Screw Working Bodies During Harvesting and Post-harvest Processing

When performing technological processes agricultural production the grain is repeatedly subjected to shocks, compression and friction, which is accompanied by damage to the surface and internal tissues of the seeds. The main cause of damage to the seeds is the mechanical action of the screw working bodies of the machines and tools during post-harvest processing, drying and transportation. A significant portion of damaged seeds appears already at the stage of soybean harvesting. The level of damage to the grain during harvesting depends on the perfection of the design of the harvesting machines, the modes of operation of their working bodies, the timing and methods of harvesting, and the physical and mechanical properties of the grain at the time of displacement.

The purpose of the paper is to determine the dependence of the grain material injury on the parameters of screw feeders and to substantiate their optimal values.

The greatest influence on the damage of grain material carries a gap between the turns of the screw working organ and the screw housing its approximation to the size of the grain particles leads to increased destruction of individual grains. The use of conveyors with a minimum gap between the screw and the housing allows reducing soybean grain damage by up to 0.2% as well as reducing the microscopic damage to seeds threefold while maintaining the maximum productivity of the process. Increasing the travel distance significantly affects the damage to the grain material. During the twofold transmission of soybean grain through a screw conveyor, the maximum damage to the seeds was 1.4 % of the total amount of transported grain. A doubling of the transportation distance led to a significant increase in grain damage, which reached 2.8 %.

Damage to soybean grain by screw conveyors during harvesting depends on its humidity. With a high moisture content of the material, the screw working bodies deform the soybean seeds and the seed coat peels off. The decrease in humidity leads to a significant fragmentation of the grains by the working bodies of the conveyors. The optimal indicators of moisture content of soybean grain, in terms of the formation of macroscopic and microscopic damage to seeds, by a screw conveyor, are in the range of 13...15%.

seed moisture, screw working body, grain material, parameters, damage, transportation, soy

Одержано (Received) 19.11.2018

Прорецензовано (Reviewed) 4.12.2018

Прийнято до друку (Approved) 20.12.2018