

УДК 631.354:633.1.

Дерев'яно Д., канд. с.-г. наук, доцент (ЖНАЕУ)

Вплив робочих елементів шнекового транспортера на травмування та якість насіння зернових культур

У статті розглянуто вплив робочих елементів шнекового транспортера на травмування та якість насіння зернових культур.

Ключові слова: травмування, насіння, швидкість обертання, зсипання, шнек.

Вступ. Під час технологічного процесу транспортування насіння шнеком внаслідок обертання гвинтової поверхні шар зернівок захоплюється і від дії сил тяжіння і тертя з внутрішньою поверхнею кожуха та витками шнека відбувається його транспортування або завантаження, що й сприяє травмуванню насіння.

На травмування зернівок під час завантаження шнековим транспортером впливає кількість насіння, довжина транспортера і час завантаження, крок гвинта, швидкість руху, тертя, кут підняття по гвинтовій крайці, зсипання, частота обертання шнека та ін.

Травмування насіння залежить від конструкції та параметрів робочих елементів транспортера і фізико-механічних властивостей шару насіння.

Постановка проблеми. Відомо, що озима пшениця, жито та інші дуже цінні зернові культури займають великі площі посіву і відіграють значну роль насамперед у продовольчій безпеці, тому виникає нагальна потреба у високоякісному насінні.

Упродовж багатьох десятиків років і, особливо, у другій половині попереднього століття науковці-

дослідники, селекціонери та виробники довели і обґрунтували, що тільки високоякісне насіння за всіх інших однакових можливостей забезпечує формування значної 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, післязбирального оброблення зернового вороху, підготовлення, транспортування, завантаження, протруювання насіння та сівби.

Дослідження показують, що вдосконалення робочих елементів технічних засобів у технологічних процесах з метою зниження травмування зернівок сприяє суттєвому покращенню якісних показників насіння та зростанню урожайності зернових культур.

Аналіз останніх досліджень. Травмування, пошкодження і повне руйнування зернівок є наслідком впливу механічних навантажень багатьох елементів технологічного процесу, зокрема жнивarki, молотильного барабана, решітного стану, скребкових, шнекових, стрічкових, ковшових транспортерів, меха-

нізмів післязбирального оброблення зернового вороху, підготовки насіння, транспортувальних та завантажувальних засобів, а також технічних засобів протруювання і сівби.

Дослідження І. Г. Строни, О. П. Тарасенка, В. І. Оробінського, П. М. Пугачова, С. А. Чазова [6,8] та ін. свідчать, що травмування зернівок під час обмолочування сягає 20% і більше, а при обробленні зернового вороху і підготовленні насіння та сівби значно зростає.

Академік П. А. Ребендер [6] встановив, що рідина зернівки і наявні в ній біологічно активні речовини просочуються в найтонші тріщини, внаслідок чого стінки тканини не можуть змикатися після зняття навантажень у зв'язку із наявністю прошарку з тоненької плівки, адсорбційного шару, який буде цьому перешкоджати.

Травмування зернівок, а потім їх руйнування відбувається тоді, коли максимальне напруження σ менше від напруження, яке виникло внаслідок дії механічних або інших впливів σ_1 , тобто для протікання такого пошкодження необхідна умова $\sigma \leq \sigma_1$.

За даними В. М. Дрінчі, Д. А. Дерев'янка [3] травмування зернівок під час обмолочування інколи сягає 30-35%, а після підготовки насіння навіть більше 50% залежно від вологості та структури зернового вороху. За вологості 14-16% гранична величина удару, під час якого проявляються зовнішні ознаки травмування, перебуває в межах 0,11-0,16 Дж, що знижує польову схожість більше, ніж на 20%.

Дослідження інституту зернового господарства НААН України [4,9] показують, що навіть після одноразового проходження зернової маси через трієри та насіннепроводи схожість насіння знижується на 2-3%, а сила початкового росту – на 6-12%.

Протягом останніх років значну роботу проведено Л.В.Фадеевим [9] з розроблення та впровадження у виробництво принципово нових очисно-калібрувальних технічних засобів і технічних ліній.

У створенні фундаменту наукових основ теорії взаємовпливу робочих поверхонь механізмів та різних матеріалів, у тому числі зернової маси, значний внесок зробили такі визначні вчені, як П. М. Василенко, Л. В. Погорілий, В. П. Горячкін, В. М. Дринча, В. В. Адамчук, Л. М. Тищенко, О. П. Тарасенко, П. М. Заїка, Б. І. Котов, І. Г. Строна, О. М. Пугачов та ін. [1-3, 5-7].

Таким чином, аналіз впливу технічних засобів на травмування і якість зернівок та застосування новітніх технологій оброблення зернового вороху і підготовки високоякісного насіння показує, що головними факторами розвитку систем є глибоке і всебічне вивчення фізико-механічних та біологічних особливостей насіння і розроблення нових технологій та модернізацію робочих елементів, які забезпечуватимуть мінімальну кількість травмованих зернівок, максимальне отримання біологічно цінного високоякісного насіння відповідно до

агротехнічних вимог і державних стандартів.

Мета досліджень. Виявити вплив травмування зернівок під час збирання, післязбирального оброблення зернового вороху і підготовки насіння на якісні його показники, дослідити ефективність післязбирального підготовки високої якості насіння озимої пшениці та жита у різних технологічних процесах, у відмінних ґрунтово-кліматичних умовах і запропонувати шляхи зниження травмування насіння та пошкодження його мікроорганізмами як одного з головних резервів підвищення урожайності зернових культур.

Методи досліджень. Використано метод математичного моделювання роботи машин, робочих елементів і технологічних процесів.

Застосовано розрахункові диференціальні рівняння, перетворення та графічні визначення на основі використання законів механіки.

Експериментальні, виробничі та лабораторні дослідження проводилися у виробничих умовах різних ґрунтово-кліматичних зон, у державних лабораторіях насінневих станцій, хлібокомбінату і вищих навчальних закладів з використанням натурних зразків, технічних засобів, приладів та знарядь згідно з наявними державними стандартними методиками.

Результати досліджень. Під час обертання гвинтової поверхні шнекового транспортера насіння захоплюється і за взаємодії маси, сил тяжіння та тертя з внутрішньою поверхнею кожуха і витками шнека відбувається його транспортування або завантаження, а від контактування зернівок з робочими елементами шнека та від його довжини і часу відбувається травмування зернівок.

Можна припустити, що вірогідність контактування та травмування зернівок з робочими поверхнями гвинтового шнека N являє собою відношення контактного шару з корпусом $M_{нк}$ до загальної кількості насіння $M_{нз}$, яке переміщується між двома сусідніми витками, тобто:

$$N = \frac{M_{нк}}{M_{нз}} \tag{1}$$

Кількість насіння $M_{к}$, яка знаходиться у цьому просторі, буде становити суму кількості насіння, яке контактує з внутрішньою поверхнею корпусу шнека M_1 і з витками M_2 .

$$M_{к} = M_1 + M_2 \tag{2}$$

Кількість насіння, яка знаходиться між витками, $M_{нн}$

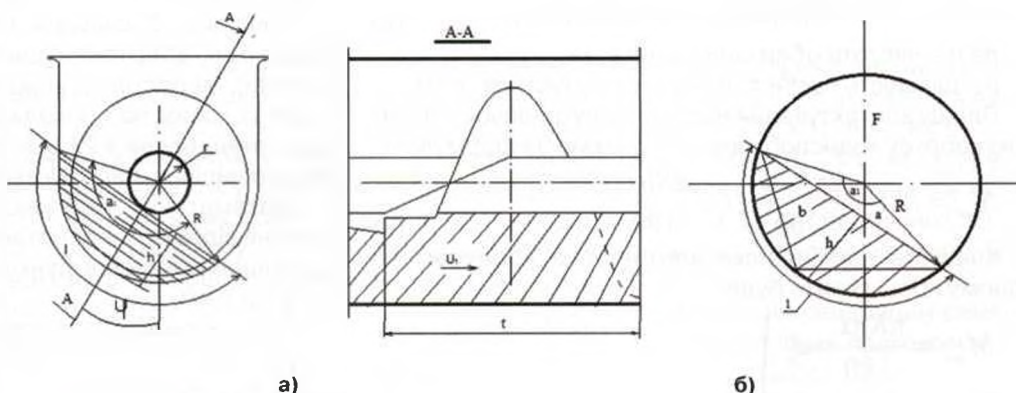


Рис. 1 – Взаємодія зернівок з робочими елементами шнека

буде складати:

$$M_{нв} = S \cdot t \cdot C_0 \quad (3)$$

де S – площа поперечного перерізу, см²;

t – величина кроку, см;

C_0 – коефіцієнт використання об'єму.

$$S = \pi (R^2 - r^2)$$

Для визначення коефіцієнта об'єму шнека використаємо площу поперечного перерізу S_1 , що буде складати частину сегмента S , а залежності від кута α надані на рис. 1.

$$C_0 = \frac{S_1}{S} = \frac{\frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi\alpha}{180} - \sin\alpha \right)}{\pi R^2} = \frac{\alpha}{360} - \frac{\sin\alpha}{2\pi} \quad (4)$$

Площу контактування насіння з внутрішньою частиною корпусу $S_{кк}$ можна визначити добутком довжини дуги l на величину кроку t , (рис. 1).

Кількість насіння, яка розміщується на одному кроці витків шнека визначимо за формулою:

$$M_{нвн} = p \cdot t_{рн} = p \cdot \frac{n_s}{V_n} \quad (5)$$

де p – продуктивність, кг/с;

$t_{рн}$ – час руху насіння, с;

n_s – крок гвинта, см;

V_n – швидкість руху насіння між витками м/с.

Швидкість руху визначаємо так:

$$V_n = \frac{t \cdot n \cdot \cos\alpha \cos(\alpha + \varphi)}{60 \cos\varphi} \quad (6)$$

де α – кут підняття на гвинтовій крайці, град;

φ – кут обвалення насіння з гвинта під час руху, град;

Коефіцієнт C_0 дорівнює 0,5-0,7, а кут $\varphi = 0,73^\circ$; де φ_1 – кут зсипання, град;

З урахуванням V_n отримаємо:

$$M_{нвн} = \frac{p \cdot n \cdot 60 \cos\varphi}{t_n \cdot n \cdot \cos\alpha \cos(\alpha + \varphi)} = \frac{60p}{n(\cos^2\alpha - k_m \cdot \cos\alpha \sin\alpha)} \quad (7)$$

де k – коефіцієнт тертя зернівки з гвинтом.

Кількість насіння на одному кроці становитиме:

$$M_{нк} = M_{нвн} \cdot \rho = \frac{60 \cdot p \cdot \rho}{n \cdot (\cos^2\alpha + k_r \cdot \cos\alpha \sin\alpha)} \quad (8)$$

де n – частота обертання шнека, хв.⁻¹;

ρ – щільність насіння, що транспортується, кг/м³.

Площу контактування насіння з внутрішньою частиною корпусу транспортера визначаємо за формулою:

$$S_{ккн} = L \cdot t = \frac{2\pi R \cdot \alpha_1}{360} \cdot t = \frac{\pi R t \alpha_1}{180} \quad (9)$$

Кількість насіння, яке контактує з корпусом на одному кроці гвинта буде:

$$M_{нкк} = \frac{\pi R t \alpha_1}{180} \cdot e_n \quad (10)$$

Площа контактування насіння з одним витком

шнека буде дорівнювати площі сегмента, тобто:

$$F_{сн} = \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi\alpha_1}{180} - \sin\alpha_1 \right) \quad (11)$$

З урахуванням кута підняття крайки гвинта фактична площа контактування зернівок з одним витком гвинта становитиме:

$$F_{снв} = \frac{F_{сн}}{\sin\alpha} = \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi\alpha_1}{180} - \sin\alpha_1 \right) \frac{1}{\sin\alpha} \quad (12)$$

Таким чином кількість насіння, яка контактує з витком, становитиме:

$$M_{снв} = \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi\alpha_1}{180} - \sin\alpha_1 \right) \cdot S_n \frac{1}{\sin\alpha} \quad (13)$$

Під час візуальних спостережень приблизно половина зернівок під час руху на поверхні контактування розміщується за шириною і товщиною, тому вірогідність контактування і травмування насіння під час транспортування та навантаження гвинтовими транспортерами становитиме:

$$N_1 = \frac{M_1}{M_n} = \frac{M_1 + M_2}{M_n} = \frac{\frac{\pi R t \cdot e_n \cdot \alpha_1}{180} + \frac{R^2 \cdot S_n}{2} \left(\frac{\pi\alpha_1}{180} - \sin\alpha_1 \right)}{60 p p} = \frac{n(\cos^2\alpha - k \sin\alpha \cos\alpha)}{\left[\frac{\pi R t \cdot e_n \cdot \alpha_1}{180} + \frac{R^2 \cdot S_n}{2 \sin\alpha} \left(\frac{\pi\alpha_1}{180} - \sin\alpha_1 \right) \right] \cdot n(\cos^2\alpha - k \sin\alpha \cos\alpha)} \quad (14)$$

У процесі технологічних робіт з оброблення зернового вороху машини та механізми отримують різного роду механічні навантаження, від чого виникають місцеві прогинання і вм'ятини на корпусах шнеків, що призводить до зменшення щілини, а це викликає травмування насіння.

Величина радіальної щілини значно впливає на продуктивність шнека, особливо з кутом нахилу більше 30° .

Травмування зернівок під час транспортування шнеками у значній мірі залежить також від частоти їх обертання, частоти проходження через них та вологості зернової маси.

Результати дослідів на різних швидкостях обертання шнека як за одноразового, так і за багаторазових завантажень наведені на рис. 2.

Дані рис. 2 свідчать про те, що з підвищенням швидкості обертання шнека травмування зернівок зростає, за постійної вологості цей показник збільшується із кількістю проходжень. За різної вологості під час її зменшення з 21,9 % до 11,9 % кількість травмованого насіння збільшується у 2,85 раза.

Математичну залежність кількості травмованого насіння від частоти обертання шнека можна зобразити рівнянням показової функції типу:

$$y = a \cdot e^{dm},$$

де y – кількість травмованих зернівок, %;

m – частота обертів шнека, хв.⁻¹;

a, d – коефіцієнти;

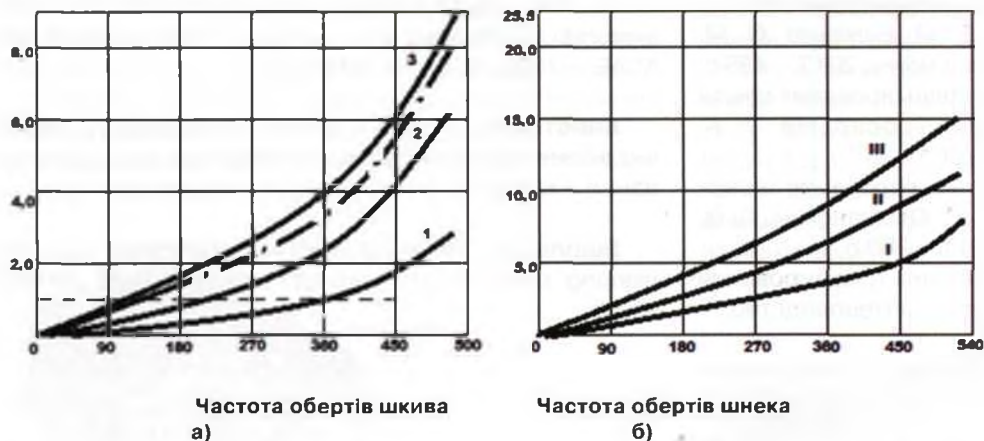


Рис. 2 – Травмування пшениці на різних швидкостях обертання шнека:
 1 – за вологості зерна 21,9 %; 2 – за вологості зерна 17,1 %;
 3 – за вологості 11,9 %; I – з одним проходженням;
 II – з трьома проходженнями; III – з п'ятьма проходженнями.
 ----- розрахункові пошкодження; ————— фактичне пошкодження

е – основа натурального логарифму.
 Коефіцієнти а і в визначені графічним методом і наведені в таб. 1.

Таблиця 1
 Значення коефіцієнтів а і в залежно від вологості зернівок

Вологість зерна, %	Коефіцієнти	
	а	в
11,9	0,324	0,00634
17,1	0,184	0,00678
21,9	0,194	0,00513

Порівнюючи розрахункові і фактичні дані бачимо, що максимальна похибка останніх до перших становить 7,31 %.

Внаслідок п'ятиразового транспортування насіння на частоті обертання 270 об./хв. травмування збільшилося на 6,3 %.

Травмування зернової маси шнеком безпосередньо залежить від відстані її переміщення, оскільки вже під час проходження половини довжини шнека кількість травмованого насіння збільшується приблизно на 55 % від загальної кількості.

Продуктивність роботи шнека зростає прямолінійно із збільшенням його обертання до 380 об./хв., а в подальшому підвищення проходить повільно.

Зі зміною кута нахилу шнека від 10 до 45° пошкодження насіння зростає від 0,24 до 0,95 % в першому випадку та від 0,14 до 0,30 % у другому, підпорядковуючись лінійній залежності.

За кордоном у конструюванні та модернізації гвинтових конвеєрів з метою мінімізації травмування насіння використовують полімерні матеріали, які, поряд з цим, також сприяють збільшенню терміну їх використання та підвищенню надійності роботи.

Деякі виробники Німеччини у металічний корпус конвеєра вставляють трубу із полівінілу, внаслідок чого подрібнення насіння пшениці за такої модифікації гвинтового шнека порівнянно з металічним зменшується з 2,5 до 0,1 %, а кукурудзи з 3,0 до 0,1 %. Інша фірма цієї країни «Нойеро» виготовляє гвинтові конвеєри, у яких на внутрішніх частинах металевого корпусу шнека наносять нейлонове покриття, завдяки чому травмування насіння зводиться практично до мінімуму.

Багато виробників США виготовляють робочі органи гвинтових конвеєрів із таких полімерних матеріалів, як поліетилен, поліуретан та пропілен.

Застосування полімерного матеріалу дає можливість зменшити щілину між витками шнека і внутрі-

шньою поверхнею корпусу до 0,5...1,0 мм, що також дозволяє знизити рівень травмування насіння. Під час проходження зернівок між внутрішньою частиною корпусу і витками шнека, його еластична частина може плавно відхилитися, пропускаючи при цьому зернівки по краю гвинта, а потім повертається у своє попереднє становище.

Аналіз науково-технічних даних, а також результати досліджень показують, що застосування полімерних матеріалів у конструкціях гвинтових конвеєрів дозволить знизити травмування зернівок у процесі технологічного їх оброблення та під час підготовки якісного насіння в 1,5...2 рази.

Висновки. Таким чином, зіткнення і травмування насіння під час транспортування та завантаження шнековими гвинтовими транспортерами залежить від конструкції та параметрів робочих елементів транспортера і фізико-механічних властивостей насіння, яке транспортується.

Під час технологічних процесів підготовки насіння зернових культур відбувається значне його травмування шнеками в завантажувальних пристосуваннях, у шнеках та викидних коробках.

Результати досліджень показують, що з величиною щілини від 2 до 30 мм на сталій швидкості травмування зернівок у шнеках збільшується, досягаючи максимальних значень, коли щілини по величині наближені до товщини зернівки, а потім відбувається зменшення.

За наявності щілин більше 3 середніх розмірів зернівок на дні корпусу зернопроводу накопичується пасивний шар, який залежить від кута нахилення шнека або нерухомий, якщо кут менший 30°, або рухається у зворотному напрямку по дну корпусу, якщо кут нахилу більший 30°. У цьому випадку також не спостерігається затиснення насіння в циліндричній частині корпусу, а пошкодження насіння відбувається внаслідок його тертя з контактними поверхнями і повторних впливів витків у приймальній частині транспортера на насіння, що зсипається назад.

Список літератури

1. Василенко П. М. Теорія движения частицы по шероховатим поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М.Василенко. – К: УАСХ. 1960.-284 с.
2. Горячкин В.П. Собр.соч. Т. 1V – V1., М., К., 1 965.
3. Дерев'янюк Д. А. Вплив травмування на якість насіння зернових культур / Д. А. Дерев'янюк, О. П. Тарасенко В. І. Оробінський., Монографія, Вид. ТОВ, Нілак – ЛТД. – Ж. – 2012. – 439 с.
4. Дринча В. М. Исследования сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В. М. Дринча. – Воронеж, 2006. – 382 с.
5. Присяжнюк М. В., Адамчук В. В. та ін. Теорія вібра-

ційних машин сільськогосподарського виробництва / М. В. Присяжнюк, В. В. Адамчук, В. М. Булгаков, О. М. Черниш, В. В. Яременко. – К.: Аграр.наука, 2013. – 439 с.

6. Тарасенко А. П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке / А. П. Тарасенко. – Воронеж, 2003. – 301 с.

7. Тищенко Л. Н. Виброрешетчатая сепарация зерновых смесей / Л. Н. Тищенко, В. П. Ольшанский, С. В. Ольшанский. – Х.: Міськдрук, 2011. – 280 с.

8. Чазов С. А. О мерах снижения травмирования семян / С. А. Чазов // Селекция и семеноводство. – 1964. № 4. С. 3032.

9. Фадеев Л. В. Линия очищающее – калибрующая машин / Л. В. Фадеев. Насінництво, К., №3, 2011. – 22 – 27 с.

10. Uhe J. B. Pneumatik separation of grain and straw mixtures / J. B. Uhe, B. J. Lamp // Transaction of the ASAE. – 1966. V. 9. – P. 244 – 246.

Анотация. В статье рассмотрено влияние рабочих элементов шнекового транспортера на травмирование и качество семян зерновых культур.

Summary. The article deals with the impact of auger working elements on damage and quality of cereals seeds.

Стаття надійшла до редакції 7 травня 2015 р.