

22. Дослідження поведінки математичної моделі питомого робочого об'єму шестеренного насоса типу НШ від параметрів зубчастого зачеплення [Текст] / Кулешков Ю.В., Черновол М.І., Руденко Т.В. [та ін.] // 36. наук. праць Кіровоградського нац. техн. унів. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград: КНТУ. – 2010. – Вип. 23. – С. 278 – 390.
23. Кулешков, Ю.В. Повышение удельной подачи шестеренного насоса [Текст] / Ю.В. Кулешков, Т.В. Руденко, Р.А. Осин // MOTROL Motorization and Power Industry in Agriculture. – Simferopol – Lublin. – 2009. – Vol. 11A. – P. 193 – 206.
24. Кулешков, Ю.В. Дослідження працездатності шестеренного насоса з регульованою подачею [Текст] / Ю.В. Кулешков, Т.В. Руденко, О.В. Бевз // Промислова гідравліка і пневматика. – 2006. – № 3 (13). – С. 98 -102.
25. Андренко, П.М. Гасителі пульсацій тиску об'ємних гідроагрегатів [Текст] : монографія / П.М. Андренко, О.В. Дмитренко, М.С. Свинаренко. – Х: Видавництво «НТМТ», 2012. – 160 с.
26. Черновол, М.І. Основні напрями вдосконалення шестеренних насосів сільськогосподарської техніки [Текст] / М.І. Черновол, Ю.В. Кулешков // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 8. – С. 52-54.

Yuriy Kuleshkov, Prof., DSc., Timofey Rudenko, Assoc. Prof., Phd tech. sci., Mikhail Krasota, Assoc. Prof., Phd tech. sci., E. Magonets, Eng., Ruslan Osin, Assoc. Prof., Phd tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Special aspects of work and construction of gear-type pump

The objective of research is to explain certain aspects of gear-type pump work, understanding of which allows to formulate tasks of farther increasing its technical level.

The article describes the special aspects of construction gear-type pump, which explains its high level of unit power in comparison with other kinds of massive pumps. Submitted in a form typical aspects of gear-type pump work, which allows to formulate the ways of farther upgrading the gear-type pump construction towards increasing its technical level.

Offered schemes of work allows to explain such negative feature in the gear-type pump as split off void, pulsating of pressure and giving in causal-resultative categories.

gear pump, engagement line, working fluid, cut-off housing, compression

Получено 01.11.17

УДК 631.374:631.362

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

Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна
E-mail: kylikovskiy@ukr.net

Травмування зернового матеріалу гвинтовими робочими органами шнекових живильників

Представлено результати експериментальних досліджень живильників, які були направлені на визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів шнеків. Встановлено, що основний вплив на травмування зернового матеріалу живильником мають зазор між витками і кожухом, частота обертання гвинтового робочого органу та кут нахилу транспортувального шнека.

гвинтовий робочий орган, зерновий матеріал, параметри, технологічний процес, травмування, транспортування, шнековий живильник

© В.Л. Куликівський, В.К. Палійчук, В.М. Боровський, 2017

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

Житомирский национальный агроэкологический университет, г. Житомир, Украина

Повреждение зернового материала винтовыми рабочими органами шнековых питателей

Представлены результаты экспериментальных исследований питателей, которые были направлены на определение рациональных конструктивно-технологических параметров шнеков. Установлено, что основное влияние на повреждение зернового материала питателем имеют зазор между витками и кожухом, частота вращения винтового рабочего органа и угол наклона транспортировочного шнека.

винтовой рабочий орган, зерновой материал, параметры, технологический процесс, повреждение, транспортировка, шнековый питатель

Постановка проблеми. Ключовою задачею агропромислового комплексу України являється стійке нарощування виробництва зерна, яке необхідне для формування насіннєвих фондів, забезпечення населення продуктами харчування, а тваринництва – фуражем. При стабільному збереженні посівних площ основними шляхами збільшення виробництва зерна є підвищення врожайності та зменшення втрат у всіх ланках технологічного процесу.

Однією з причин низьких показників проростання насіння є високий рівень їх травмування при збиранні та післязбиральній обробці. Сумарний показник травмування зерна при збиранні та післязбиральній обробці може досягати 70...80 %. Встановлено, що 10 % травмованих насінин знижують врожайність на 1...2 ц/га.

Зернове виробництво поряд з основними технологічними процесами вимагає виконання великих обсягів транспортних і навантажувальних операцій. На одну тонну виробленого і закупленого зерна припадає 7...9 т вантажно-транспортних робіт.

Підвищення якості насіння можливе за рахунок усунення механічних пошкоджень, що виникають під впливом транспортуючих робочих органів комбайнів та зерноочисних машин, які за своїми конструктивними особливостями і технологічними режимами робіт не відповідають повною мірою вимогам всієї сукупності фізико-механічних властивостей зерна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процес подачі оброблюваного матеріалу в зерноочисні машини здійснюється системою завантаження за допомогою завантажувально-розподільних пристроїв. Призначення системи живлення–забезпечення рівномірного завантаження робочих органів по ширині зерноочисних машин.

Процес подачі оброблюваного матеріалу повинен забезпечувати в необхідній кількості рівномірне безперервне надходження зерна за часом і рівномірне заповнення ширини робочих органів [1]. У зерноочисних машинах застосовують кілька різновидів приймально-розподільних пристроїв, одним з таких видів є приймально-розподільний пристрій шнекового типу. Шнек також використовується в складі зерноочисних ліній, зерносушарок для транспортування, а також вивантаження зерна із силосів і зерносушарок. Недоліком шнекових пристроїв є те, що вони значно травмують зерно [2-4]. Однак дані по травмуванню зерна істотно відрізняються, підсумки вказують на те, що якісь, істотні конструктивні та режимні фактори просто не враховувалися.

Постановка завдання. Мета досліджень полягає у встановленні залежності травмування зернового матеріалу від параметрів шнекових живильників та обґрунтування їх оптимальних значень.

Виклад основного матеріалу. Важливим параметром в роботі шнекових живильників є зазор між кожухом і витками гвинтового робочого органу. Цей параметр

найбільш змінний в результаті протікання процесів зношування витків зерною масою. Від його величини залежать основні показники роботи шнека. Особливе значення даний параметр має для шнеків сільськогосподарського призначення, де від його величини залежить ступінь травмування зерна при транспортуванні і змішуванні.

Конструктивно зазор H між кожухом і витком шнекового робочого органу вибирається меншим за найменший розмір зернин матеріалу, що транспортується. Таке рішення, обумовлено необхідністю не створювати втрати потоку зерна через занадто великий зазор. Однак, його величина повинна бути достатньою для нормальної роботи живильника, без торкання витків гвинтового робочого органу об кожух.

Із двох деталей робочого органу, що утворюють зазор, кожух є нерухомим, а виток шнека обертається навколо власної осі з кутовою швидкістю ω . Ці переміщення призводять до виникнення сил тертя руху, що обумовлені контактною взаємодією частинки зерна в зазорі робочого органу.

Зернова частинка у зазорі, в залежності від розподілу сил, що діють на неї, може рухатись по-різному:

1. Перекочуватися по поверхням тертя, що належать як кожуху, так і витку шнека;
2. Знаходитись в защемленні поверхнею кожуха і проковзувати по поверхні витка до досягнення зусиль, що її руйнують;
3. Бути нерухомою (защемленою) відносно витка шнека і переміщуватися по поверхні кожуха.

Останній випадок малоймовірний на практиці, так як досвід експериментальних досліджень з використанням швидкісної зйомки [2] показує, що в потоках малорухомі або нерухомі частинки приєднуються до нерухомих поверхонь. Тобто у шнекового робочого органу рухомість зернових частинок здебільшого втрачається біля внутрішньої поверхні кожуха.

На частинку зерна в зазорі, коли є ступені вільності її переміщення відносно контактних поверхонь, діють наступні сили: сила ваги частинки; реакція поверхні кожуха; реакція поверхні витка; опір шару сусідніх частинок.

Ці сили, в даному випадку, породжують моменти обертового руху частинки при її не защемленні: момент від сили ваги; момент від реакції кожуха; момент від реакції витка; момент від опору сусідніх частинок.

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

Таким чином, спочатку частинка зерна 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 частинки в зазорі (рис. 1). А такі умови складаються внаслідок зношування робочої поверхні витка, стирання переднього кута взаємодії з зерною масою і виникнення щілини захвату частинки.

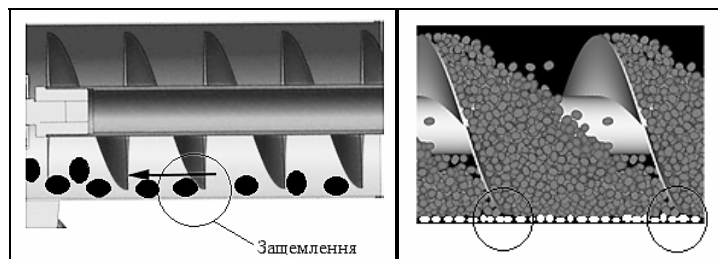


Рисунок 1 – Умови руйнування зернини в зазорі між гвинтовим робочим органом і кожухом шнекового живильника

Визначення області тертя значно спрощується при застосуванні комбінованого графоаналітичного методу. Для цього, спочатку задаються координатами точки контакту $A(x, y)$ (рис. 2).

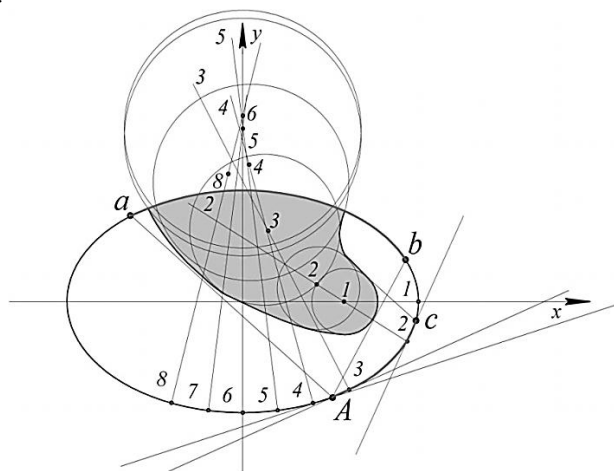


Рисунок 2 – Схема для визначення зон заклинювання зернової частинки в зазорі робочих поверхонь шнекового живильника

З точки контакту проводиться нормаль до кривої еліпса. На нормалі відкладається радіус кривизни кривої. Таким чином встановлюється центр кривизни, з якого проводиться коло тертя (радіусом тертя). Операції повторюються достатню кількість разів для побудови плавної кривої, що з'єднує і охоплює кола тертя. Ділянка в середині отриманої лінії представляє собою область тертя. Важливість її визначення полягає в тому, що за допомогою області тертя встановлюються зони заклинювання частинки робочими поверхнями кожуха і витка шнека. Для цього з точки контакту $A_i(x_i, y_i)$, де виконується умова $tg\mu = f$, проводяться дотичні до області тертя (рис. 2). В перетині дотичних з контуром еліпса визначаються точки a і b , менша дуга між якими задає зону заклинювання частинки нерухомою поверхнею кожуха. Зона заклинювання робочою поверхнею витка визначається шляхом паралельного переносу дотичної A_a (рис. 2) на протилежну сторону області тертя. Тоді в перетині контуру еліпса з цією дотичною встановлюється точка c . Коротка дуга Ac між точками A і c задає ділянку заклинювання частинки зерна робочою поверхнею витка шнека. Як видно з отриманих графоаналітичних побудов, дуга заклинювання ab суттєво більша дуги заклинювання Ac . Отриманий результат підтверджує положення про те, що частинки сипкого матеріалу в своєму русі, більш ймовірно, втрачають швидкість переміщення до повної зупинки біля нерухомих поверхонь. Внаслідок цього, нерухомі поверхні в зазорах зношуються в меншій мірі ніж рухомі.

Область тертя розділяє поведінку частинки зерна на два види, в залежності від величини кута тертя μ між вектором реакції дії робочого органу і вектором зусилля, що діє по нормалі до робочої поверхні.

Якщо кут тертя буде таким, що $tg\mu > f$, то вектор реакції проходить повз область тертя і частинка зерна не заклинюється між робочими поверхнями в зазорі. При малих значеннях кута тертя, тобто коли нормальне зусилля і реакція відхиляються на незначний кут, а $tg\mu \leq f$, вектор реакції проходить через область тертя або дотично до неї. Тоді сили тертя такі, що утримують частинку в зазорі між витком і кожухом шнека. Це суттєво впливає на механізм взаємодії шнекового робочого органу з частинкою.

На кут тертя впливає не тільки форма і стан поверхні частинки зерна, а також форма та стан поверхні контртіла, тобто робочої поверхні витка гвинтового робочого органу. Якщо стан робочої поверхні витка практично мало змінюється, то форма, внаслідок зношування, міняється суттєво. Причому, згідно представленого аналізу [5], відхилення форми від початкової трапецеїдальної до криволінійної з втратою вершини кута, розвертає вектор реакції дії витка на частинку в напрямку збільшення ймовірності її заклинювання.

При заклинюванні відбувається перерозподіл зусиль. Осьовим рухом точки контакту витка при заклинюванні частинка стискується в зазорі. Сили, що діють на неї (в тому числі і сила тертя) суттєво збільшуються. В той же час відбувається рух точки контакту вздовж витка зі швидкістю V_e . Сумісна дія силового фактору і фактору переміщення обумовлюють зношування робочої поверхні витка, що призводить до збільшення величини зазору H між ним та кожухом шнека.

Зусилля стиску, що діють на зернину і відповідно її реакції на робочі поверхні деталей в зазорі ростуть до граничних значень, при яких відбувається руйнування частинки.

Таким чином, збільшення величини зазору між кожухом і гвинтом шнека до розмірів, близьких до параметрів частинки зерна, а також криволінійна форма поверхні зношування витка, сприяють утворенню умов заклинювання частинки. При цьому різко підвищується зусилля в контактах між зерниною і деталями зазору, що при наявності переміщень вздовж витка активізує його зношування та руйнування зернової частинки. Обидва ефекти носять негативний характер і знижують можливість раціонального використання шнекових робочих органів.

Травмування зерна при транспортуванні є основним фактором, який регламентується агротехнічними вимогами, що запобігає неякісному протіканню процесу переміщення у шнеках будь-якого типу. В результаті теоретичних досліджень і пошукових дослідів встановлено, що основний вплив на параметр оптимізації $T_{зм}$ (травмування зернового матеріалу) здійснюють наступні фактори: частота обертання гвинтового робочого органу $n_{про}$, зазор між витком та кожухом H і кут нахилу живильника β_m [2, 6, 7].

З метою підвищення продуктивності праці при проведенні експериментальних досліджень впливу конструктивно-технологічних параметрів шнекових живильників на травмування зерна (озимої пшениці), що переміщується, було використано універсальний стенд (рис. 3) [8].

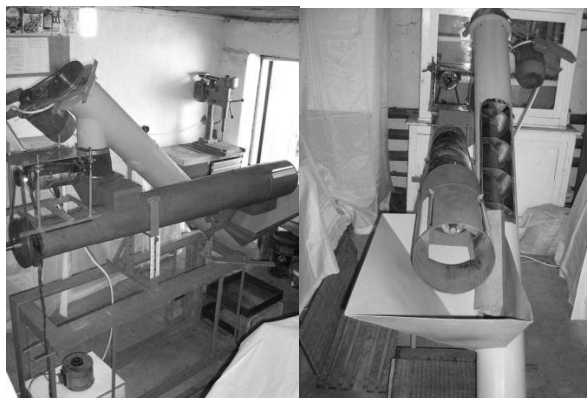


Рисунок 3 – Стенд для дослідження конструктивно-технологічних параметрів шнекових живильників

При визначенні травмування насіння, після переміщення гвинтовим робочим органом зерно потрапляло на спеціальні решета (рис. 4), що дозволяли виділити пошкоджені насінини з основного матеріалу згідно ГОСТ 13586.3-83 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб» та ДСТУ 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» [9, 10]. При аналізі зерна розділяли на дві фракції: цілі та травмовані.



Рисунок 4 – Пристосування для сортування та розділення зерна на фракції після транспортування шнековим живильником

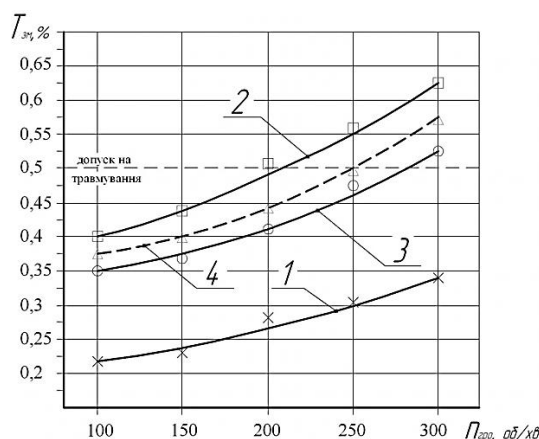
Згідно прийнятої програми досліджень був реалізований багатофакторний експеримент виду 2^3 з трьохкратною повторністю для отримання математичних залежностей впливу конструктивно-кінематичних параметрів шнекового живильника на травмування зернового матеріалу, що переміщується.

Подальша обробка експериментальних даних проводилась за допомогою ПК та прикладних програм Microsoft Excel та Maple 12.

Дослідженнями встановлено, що у зазорі меншому за мінімальні розміри зерен пшениці, защемлення їх в процесі переміщення по кожуху практично не спостерігається. У зазорі, більшому трьох середніх розмірів зернин (12 мм і більше), на дні кожуха утворюється пасивний ледь рухомий шар матеріалу.

Як показав аналіз результатів експериментальних досліджень, збільшення частоти обертання гвинтового робочого органу призводить до зростання травмування за рахунок інтенсивнішого тертя зерен об поверхні, що контактують та повторних взаємодій з витками шнека (рис. 5).

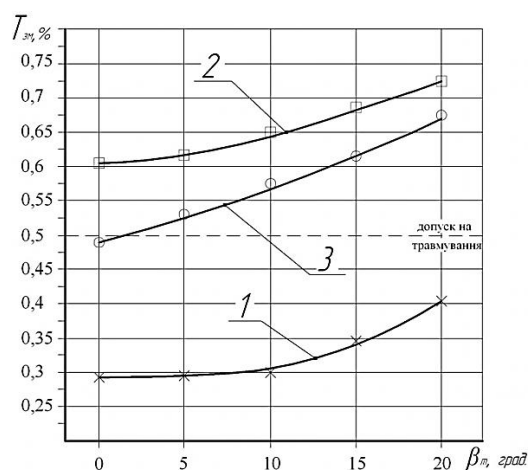
При дослідженні травмування було з'ясовано, що використання шнекового живильника з мінімальним зазором між витками та кожухом дозволяє зменшити пошкодження зерна (пшениці) гвинтовим робочим органом до 0,29 – 0,31 % (у серійного живильника – 0,45 – 0,48 %) при збереженні максимальної продуктивності процесу.



1 – при зазорі між витками гвинта та кожухом $H=2$ мм; 2 – при $H=7$ мм; 3 – при $H=12$ мм;
4 – серійний шнек

Рисунок 5 – Залежність травмування зерна горизонтальними шнековим живильником від частоти обертання гвинтового робочого органу

Зміна кута нахилу шнека не лише підвищує питому енергоємність процесу, але й впливає на зростання травмування зернового матеріалу, що переміщується (рис. 6). Найбільші значення травмування матеріалу зафіксовані при куті нахилу шнекового живильника більше 10 град.



1 – при зазорі між витками гвинта та кожухом $H=2$ мм; 2 – при $H=7$ мм; 3 – при $H=12$ мм

Рисунок 6 – Залежність травмування зерна швидкохідним шнековим живильником від напрямку переміщення матеріалу

Експериментальними дослідженнями встановлені межі факторів, при яких критерій оптимізації $T_{зм}$ набуває оптимальних значень: частота обертання гвинтового робочого органу $n_{про}=130...250$ об/хв.; зазор між витками та кожухом $H=1...2$ мм; кут нахилу транспортера $\beta_m=0...5$ град.

Висновки. 1. Найбільший вплив на травмування зернового матеріалу здійснює зазор між витками гвинтового робочого органу та кожухом шнека, наближення його до середніх розмірів зернових частинок призводить до підвищеного руйнування окремих зерен.

2. Використання живильників зі встановленим мінімальним зазором між витками шнека і кожухом дозволяє зменшити пошкодження зерна гвинтовим робочим органом до 0,29 % при збереженні максимальної продуктивності процесу.

3. Зміна кута нахилу шнекового живильника не лише підвищує питому енергоємність процесу, але й впливає на зростання травмування зернового матеріалу, що переміщується.

Список літератури

1. Бойко, А.І. Аналіз конструкцій гвинтових транспортерів та живильників зерноочисних машин [Текст] / А.І. Бойко, В.Л. Куликівський // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту сільськогосподарства ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2011. – Вип. 93: Механізація сільськогосподарського виробництва. – Т. 1. – С. 199-205.
2. Куликівський, В.Л. Дослідження процесу травмування зерна гвинтовим конвеєром [Текст] / В.Л. Куликівський, В.К. Палійчук, В.М. Боровський // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 46. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – С. 160-165.
3. Пугачев, А.Н. Повреждение зерна машинами [Текст] / А.Н. Пугачев. – М.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
4. Тарасенко, А.П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке [Текст] / А.П. Тарасенко. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2003. – 331 с.
5. Бойко, А.І. Дослідження контактної взаємодії зерна в зазорі «виток-кожух» шнекових живильників зерноочисних машин [Текст] / А.І. Бойко, В.Л. Куликівський // Науковий вісник НУБіПУ. – К.: Ред-вид. відділ НУБіПУ, 2011. – Вип. 166: Техніка та енергетика АПК, ч. 1. – С. 267-274.
6. Куликівський, В.Л. Результати експериментальних досліджень гвинтових транспортерів та живильників [Текст] / В.Л. Куликівський // Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2013. – Вип. №132: Технічні системи і технології тваринництва. – С. 427-434.
7. Куликівський, В.Л. Експериментальні дослідження ефективності роботи гвинтових транспортерів зерноочисних машин [Текст] / В.Л. Куликівський // Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2013. – Вип. 134: Технічні сервіс машин для рослинництва. – С. 95-101.
8. Пат. 68860 Україна, МПК В65G 33/16. Стенд для дослідження характеристик гвинтових транспортерів та шнекових живильників / А.І. Бойко, С.В. Міненко, В.Л. Куликівський; заявник В.Л. Куликівський. – №u201112449; заявл. 24.10.2011; опублік. 10.04.2012, Бюл. № 7, 2012 р.
9. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб [Текст] : ГОСТ 13586.3-83. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 62 с.
10. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості [Текст] : ДСТУ 4138-2002. – К.: Ред-вид. відділ УкрНДІСІ, 2003. – 172 с.

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

Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, Ukraine

Damage of grain material by screw working parts of screw feeders

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. When the gap is less than the minimum size of the grains, it is practically not observed in the movement during the casing, and when the clearance is more than three average parts of the parts, a passively barely moving material layer forms on the bottom of the casing. The use of feeders with the minimum gap between the screw turns and the casing reduces grain damage by the screw working organ while maintaining the maximum process performance.

Changing the angle of the screw feeder not only increases the specific energy consumption of the process, but also affects the growth of damage to the moving grain material.

screw working body, grain material, parameters, technological process, injury, transportation, screw feeder

Одержано 26.10.17