

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

На правах рукопису

ДЕРЕВ'ЯНКО ДМИТРО АКСЕНТІЙОВИЧ

УДК 631.354:633.1

**МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ
ЗНИЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР
ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ**

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

Дисертація на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Науковий консультант:
доктор технічних наук,
професор І. В. Головач

Житомир – 2018

АНОТАЦІЯ

Дерев'янюк Д.А. Механіко-технологічне обґрунтування процесів зниження травмування насіння зернових культур технічними засобами. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Дисертаційну роботу присвячено розв'язанню актуального науково-практичного завдання – теоретичних, експериментальних, виробничих та лабораторних досліджень впливу механічних навантажень під час проходження технологічних процесів збирання, оброблення зернового вороху, підготовлення, транспортування, завантаження, протруювання насіння і сівби зернових культур на травмування насіння та конструкційно-технологічних вдосконалень і розроблення на цій основі високоефективних технічних засобів для комплексної реалізації процесів підготовлення високоякісного насіння та смугової сівби шляхом зниження його макро- та особливо мікротравмування.

Шляхом розроблення теорії і аналізу математичних моделей та експериментальних досліджень визначено вплив робочих органів зернозбиральних молотильних агрегатів барабанних і роторних типів, робочих елементів вібросепаратора, насіннеочисних машин різних конструкцій, протруювачів, транспортувальних і завантажувальних технічних засобів та запатентованим новим робочим органом дискового сошника для смугової сівби зернової сівалки СЗ-3,6А-04 під час проходження технологічних процесів від збирання, до сівби, та фракційне розподілення, деформування, макротравмування і особливо мікротравмування зернівок та рівномірне розміщення насіння у ґрунті після сівби у вигляді стрічки, а не в рядку.

Проведені експериментальні, виробничі та лабораторні дослідження впливу макро- та особливо мікротравмування у взаємозв'язку з дією мікроорганізмів та якість насіння за технологічних процесів від збирання до сівби різних шести

сортів озимої пшениці та озимого жита в шести господарствах Лісостепу і Полісся України - Вінницької, Житомирської та Черкаської областей.

Розроблені математичні моделі дозволили отримати результати досліджень впливу молотильних агрегатів барабанного і роторного типу на травмування зернівок та динаміки травмування насіння робочими органами вібросепаратора свідчать, що на травмування впливають умови контактування, імпульси сили ударяння і співударяння, швидкість обертів робочих органів, швидкість руху зернового вороху, довжина шляху переміщення, тертя з робочими поверхнями, кути нахилу робочих органів, час проходження технологічної операції та кількість накопиченого травмованого насіння після обмолочування і кожної наступної *i-мої* дії його підготовки сприяє зростанню мікротравмування зернівок до 60-80% і більше за всіх технологічних операцій від збирання до сівби.

Показано перевагу імпульсного ударяння і травмування зернівок під час обмолочування барабанним апаратом порівняно із роторним. Графічними залежностями відсоткових значень травмування зернівок надано, що при частоті обертання барабана і ротора 600 об/хв мікротравмування становлять відповідно, 26,4 та 21,4%, а із збільшенням обертів ця різниця суттєво зростає і становить більше 20-30%.

Розроблена математична модель деформування пружно-в'язкої еліпсоїдної зернівки свідчить, що при її падінні масою 0,04–0,05 г з поперечним радіусом 3-4 мм. На сферичну поверхню розподільника радіусом 600 мм, який обертається з кутовою швидкістю до 6 рад/сек⁻¹, деформація становить 0,021–0,025 мм, і характеризується початковим підвищенням з наступним уповільненням.

За побудованою математичною моделлю руху зернівки, форма якої описується рівнянням еліпсоїда обертання, для порівняння оцінення впливу на мікротравмування, після диференціювання, позначень, скорочень, підстановок та застосування незалежних кінематичних параметрів здійснено оптимізацію енергії прискорення з метою мінімізації проходження процесу деформування

і зменшення його впливу на травмування. Згідно отриманих диференціальних рівнянь, що описують деформацію об'єму частинки зернівки, яка контактує із сферичною поверхнею розподільника, за напрямками осей Ксі, Ета і Дзета в неінерційній системі координат, обертання диска розподільника радіусом 600 мм з кутовою швидкістю до 6 рад/сек^{-1} мінімально впливає на деформування зернівки, а збільшення обертів суттєво підвищує степінь деформування та травмування насіння.

Проведені експериментальні дослідження показують, що під час фракційного розподілення зернового вороху, кращі показники якості, маса 1000 насінин, природа зерна, склоподібність, схожість, вологість, чистота, наявність сирого насіння бур'янів, вологого ґрунту, пилу, вміст білка і клейковини та менше травмування зернівок досягається при застосовуванні сортувальних решіт з діаметром отворів комірок 2,4–2,6 мм і швидкості руху насіння пневмосепарувальним каналом 7,5–8,0 м/с у порівнянні із використанням решіт з меншим діаметром отворів, але з більшою швидкістю руху 9–10 м/с.

Експериментально встановлено, що зростання обертів диска розподільника пневмосепарувального пристрою вібросепаратора більше 110 об/хв суттєво впливає на швидкість руху насіння, час проходження процесу, та мікротравмування насіння, а застосування пневмосепарувального пристосування розробленої конструкції з кутом спрямування зернового вороху 110° без обмеження руху, наявності додаткових продувних вікон і гумового покриття, сприяє підвищенню ефективності та продуктивності роботи, зменшенню мікротравмування насіння озимої пшениці з 20,4% до 5,8%, а озимого жита з 28,7% до 8,6%.

Застосування запропонованої конструкції вловлювача-розподільника, запатентованого нового робочого органу вібросепаратора, що розміщується на кожному циліндричному решеті з індивідуальним регулюванням, дозволяє затримати, відібрати і калібрувати велике, наповнене і найбільш якісне насіння за одне проходження, що зменшить мікротравмування насіння, покращить їх якість, суттєво підвищить продуктивність роботи вібросепаратора.

Макротравмування насіння озимої пшениці зменшилось з 6,3% до 2%, а жита з 7% до 3%.

На основі розробленої математичної моделі руху насіння по поверхні робочого органу дискового сошника запатентованої конструкції, експериментально підтверджено, що для зниження мікротравмування та оптимального розподілення насіння на поверхні підшви ґрунту у вигляді стрічки, а не в рядку, на пластині розподільника необхідно розмістити у шаховому порядку 9 рядів штирів діаметром 3 мм і довжиною 10-15 мм, покритих гумою або іншими еластичними матеріалами, з відстанню між штирями в ряду 15 мм і між рядами 18 мм. Це дозволить знизити мікротравмування з 6,2% до 2,7%, сприятиме зростанню польової схожості, дружньому та рівномірному отриманню сходів, кращому росту і розвитку в період вегетації, раціональному використанню вологи, поживи, сонячної енергії, формуванню високого і якісного врожаю.

Результати експериментальних, виробничих та лабораторних досліджень під час проходження технологічних процесів від збирання до сівби різних сортів озимої пшениці та озимого жита свідчать, що найменша кількість мікротравмованого насіння пшениці після сівби становила 61,8%, а найбільша 98,8%, загальна кількість мікротравмованого насіння жита після сівби сягала 97,6%, а в окремі роки з несприятливими природньо-кліматичними умовами та порушенням вимог агротехнічних заходів навіть 100%. Тому при підготовленні насіння зернових культур високої якості, особливо жита, необхідно застосовувати технічні засоби з м'якими режимами роботи робочих елементів, використовуючи різні еластичні матеріали – гуму, капрон, нейлон, пластик, дерево тощо, а при комплектуванні технологічних ліній оброблення зернового вороху та підготовлення насіння перевагу необхідно надавати вертикальному та комбінованому розміщенню технічних засобів, що зменшить багаторазові механічні впливи і мікротравмування насіння, та сприятиме підвищенню його якісних показників, особливо схожості.

Обґрунтовано, розроблено і виготовлено конструкційно-технологічні пристрої робочих органів технічних засобів підготовки високоякісного насіння та смугової сівби, які рекомендовано, або впроваджено у виробництво, що підтверджується патентами на винаходи та відповідними актами – впровадження.

За результатами досліджень визначено шляхи підвищення ефективності та продуктивності роботи технічних засобів, шляхи зниження травмування, особливо мікротравмування і підвищення якості насіння, надано перспективи конструкційно-технологічних вдосконалень технічних засобів для великих сільськогосподарських підприємств та малих, індивідуальних-селянських і фермерських господарств, .

Проведено розрахунок сезонної господарсько-економічної ефективності, у відповідності з державними стандартами, зниження травмування зернівок, підвищення якості насіння та збільшення урожайності зернових культур під час проходження технологічних процесів збирання, оброблення зернового вороху, підготовки насіння і сівби становить у межах господарства за сезон 3 млн. 777 тис. грн, а за цінами 2018 року становитиме більше 7 млн. грн.

На основі отриманих результатів експериментальних, виробничих і лабораторних досліджень рекомендувати насіннєвим станціям усіх рівнів країни включити в акти визначення якості насіння його мікротравмування, з врахуванням при розрахунках норм висіву зернових культур для забезпечення оптимальної густоти сходів та високої урожайності.

У дисертаційній роботі вирішена важлива науково-технічна проблема, яка полягає у теоретичному, експериментально-практичному і конструкційно-технологічному вдосконаленні та розробленні високоефективних технічних засобів для комплексної реалізації процесів підготовки високоякісного насіння і сівби зернових культур смуговим способом, шляхом зниження його макро- та мікротравмування.

Ключові слова: технічні засоби, технологічні процеси, деформація, зернівка, макротравмування, мікротравмування, якість насіння, зернові культури.

ANNOTATION

Derevianko D. The mechanic and technological substantiation of the processes of the seed damaging decreasing by means of engineering tools. – The Manuscript.

Thesis on the competition the scientific degree of the technical sciences doctor on specialiti 05.05.11 – Machines and Devices for Mechanisation of Agricultural Production – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.

The thesis is devoted to solving actual scientific and practical problem - theoretical, experimental, industrial and laboratory studies of the impact of mechanical stress during their processes of collection, processing grain heap, preparing, transporting, loading, seed treatment and sowing crops for seed and structural injury and technological improvements and the development on this basis of highly effective technical means for the comprehensive implementation of the processes the reproduction of high-quality seeds and sowing strip by reducing its macro- and microdamage.

The influence of the working bodies of the grain milling units of the drum and rotor types, the working elements of the vibration separator, the seed cleaning machines of different constructions, the purifiers, the transport and loading technical equipment and the patented new working organ of the disc coulter for the bandage seeding of the seed drill C3-3,6A-04 during the technological process processes from harvesting to sowing, and fractional distribution, deformation, macrodamage and microdamage of grains and uniform distribution of seeds in soil after sowing in the form of a ribbon determined by the development of theory and analysis of mathematical models and experimental research.

On the basis of the results of experimental, industrial and laboratory studies, it is recommended that seed plants be included in the acts of determining the quality of the seeds of its microdamage, taking into account when calculating the seed grain crop rates to ensure optimal seedlings and high yields.

Key words: technical devices, technological processes, deformation, grains, macrodamage, microdamage, quality of seeds, grain crops.

Список основних опублікованих праць за темою дисертаційної роботи

Монографії

1. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування на якість насіння зернових культур : монографія / Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенко, В. І. Оробінський. – Житомир, 2012. – 439 с.
2. Дерев'янка Д. А. Вплив технічних засобів та технологічних процесів на травмування і якість насіння : монографія / Д. А. Дерев'янка. – Житомир, 2015. – 772 с.

Праці у наукових фахових виданнях

3. Головач І. В. Зниження травмування насіння при застосуванні гумових матеріалів та вдосконалення очисток / І. В. Головач, Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Всеукраїнський науково-технічний журнал ВНАУ. – 2016. – № 3 (95). – С. 26–30.
4. Головач І. В. Травмування насіння при підсушуванні технічними засобами / І. В. Головач, Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Всеукраїнський науково-технічний журнал ВНАУ. – 2017. – № 1 (96). – С. 78–82.
5. Грабар І. Г. Вплив кількісно-якісного обліку на втрати зерна та його якісні показники при переміщенні і зберіганні / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 4. – С. 34–36.
6. Грабар І. Г. Насіння – початок і основа агротехнології / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 4. – С. 42–44.
7. Грабар І. Г. Правильність прийняття рішень при випробовуваннях зернових комбайнів, іншої техніки і новітніх технологій у сільськогосподарському виробництві при застосуванні розрахункових моделей для мінімального травмування зерна / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 5. – С. 49–53.
8. Грабар І. Г. Вплив вологості зерна при збиранні та післязбиральній очистці зернового вороху озимого жита на його травмування і насіннєві якості /

І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 5. – С. 60–62.

9. Грабар І. Г. Вплив чинників післязбиральної обробки зерна на якість насіннєвого матеріалу / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодержав. міжвід. наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 40, ч. 1. – С. 3–5.

10. Грабар І. Г. Вплив обмолоту на посівні якості зерна пшениці, жита та інших зернових / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодержав. міжвід. наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 40, ч. 1. – С. 6–9.

11. Дерев'янка Д. А. Визначення оптимальної вологості зерна під час обмолоту та післязбиральної підготовки насіння / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 12. – С. 24–25.

12. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування і пошкоджень мікроорганізмами жита озимого при збиранні, післязбиральній обробці та посіві / Д. А. Дерев'янка // Вісн. аграр. науки. – 2011. – № 10. – С. 45–48.

13. Дерев'янка Д. А. Шляхи покращення якісних показників зерна / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. ст. / Луцький нац. техн. ун-т. – 2011. – Вип. 21. – С. 117–122.

14. Дерев'янка Д. А. Вплив вологості зерна при обмолоті та післязбиральній доробці зернового вороху озимої пшениці на її травмування і насіннєві якості / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. КНТУ. – 2011. – Вип. 24. – С. 181–184.

15. Дерев'янка Д. А. Травмування зерна внаслідок дії внутрішніх і зовнішніх чинників на якість насіння і зернофуражу / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. КНТУ. – 2011. – Вип. 24. – С. 184–187.

16. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування і мікроорганізмів на якісні показники зерна і насіння озимої пшениці при збиранні, післязбиральному обробітку та посіві / Д. А. Дерев'янка // Вісн. ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2011. – Вип. 107. – С. 247–250.

17. Дерев'яню Д. А. Поліпшення технології післязбирального дороблення зерна / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 1. – С. 34–35.

18. Дерев'яню Д. А. Поліпшення ефективності післязбиральної обробки зерна та насіння / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 2. – С. 25–26.

19. Дерев'яню Д. А. Вплив травмування і пошкодження мікроорганізмів на якісні показники зерна озимого жита / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 3. – С. 28–32.

20. Дерев'яню Д. А. Залежність якісних показників насіння озимої пшениці / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 4. – С. 16–19.

21. Дерев'яню Д. А. Післязбиральне оброблення зерна і насіння на зерноочисному заводі “Petkus” / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 5. – С. 14–17.

22. Дерев'яню Д. А. Дослідження показників якості насіннєвого матеріалу озимої пшениці під час збирання, післязбирального обробітку і посіву / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 6. – С. 34–36.

23. Дерев'яню Д. А. Вплив технологічного процесу очищення зерна на якість насіння / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 11. – С. 22–25.

24. Дерев'яню Д. А. Вплив технологічних процесів на якість зерна і насіння під час підготовки на вібросепараторі / Д. А. Дерев'яню // ННЦ «ІМЕСГ» міжвід. темат. наук. зб. – 2011. – Вип. 95. – С. 123–134.

25. Дерев'яню Д. А. Вплив травмувань та мікроорганізмів на якість зерна і насіння від збирання до посіву / Д. А. Дерев'яню // Наук. вісник НУБіПУ. – 2011. – Вип. 166. – С. 72–78.

26. Дерев'яню Д. А. Вплив вологості зерна на його травмування і насіннєві якості під час обмолоту та післязбирального дороблення зернового вороху озимої пшениці / Д. А. Дерев'яню // Техніка та технології АПК. – 2012. – № 1. – С. 24–26.

27. Дерев'яню Д. А. Вплив чинників післязбиральної обробки зерна на якість насіннєвого матеріалу / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 2. – С. 30–31.

28. Дерев'яню Д. А. Вплив режимів роботи зернового комбайна на

травмування, втрати та якість зерна / Д. А. Дерев'янка // ННЦ «ІМЕСГ» : міжвід. темат. наук. зб. – 2013. – Вип. 98, Т. 1. – С. 273–280.

29. Дерев'янка Д. А. Фракціонування зернового вороху, травмування зернівок і якість насіння / Д. А. Дерев'янка, В. І. Оробінський, А. І. Синявська // Луцький нац. техн. ун-т. – 2013. – Вип. 24. – С. 99–108.

30. Дерев'янка Д. А. Вплив сортувальних решіт на травмування та якість насіння озимої пшениці / Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенко, В. І. Оробінський, А. І. Синявська // Техніка і технології АПК. – 2013. – № 10. – С. 27–29.

31. Дерев'янка Д. А. Вдосконалення пневмосепарування в зерноочисній машині та його вплив на травмування і якість насіння / Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенко, В. І. Оробінський // ННЦ «ІМЕСГ» : міжвід. темат. наук. зб. – 2013. – Вип. 97, т. 1. – С. 375–386.

32. Дерев'янка Д. А. Регулювання швидкості руху повітря в аспіраційному каналі, збільшення ширини отворів решіт та їх вплив на травмування та якість насіння / Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенко, В. І. Оробінський // Техніка і технології АПК. – 2013. – № 12. – С. 24–26.

33. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування режимів фракційного розподілення зернового вороху при підготовленні насіння / Д. А. Дерев'янка // ННЦ «ІМЕСГ» : міжвід. темат. наук. зб. – 2014. – Вип. 99, Т. 1. – С. 57–67.

34. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування ефективності схеми зерноочисних машин для обробки зернового вороху після обмолочування / Д. А. Дерев'янка // Вісн. аграр. науки. – 2014. – № 6. – С. 52–57.

35. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування і теоретичні розрахунки руху зернівки у пневмосистемі з кільцевим аспіраційним каналом та дисковим розподільником у вібровідцентровій зерноочисній машині / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 5. – С. 29–33.

36. Дерев'янка Д. А. Травмування та якість насіння на різних стадіях технологічних процесів / Д. А. Дерев'янка // Інженерія природокористування. – 2014. – № 1. – С. 114–123.

37. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування та теоретичні розрахунки руху зернівок у

кільцевому аспіраційному каналі вібровідцентрового сепаратора / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 9. – С. 24–27.

38. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування та теоретичні розрахунки деформації і травмування зернівок внаслідок переміщення їх робочими елементами вібросепаратора / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 10. – С. 9–13.

39. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування розподілення зернового вороху сортувальними решетами з різною шириною отворів / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 11. – С. 27–31.

40. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування та теоретичні розрахунки впливу робочих елементів вібросепаратора на деформацію і травмування насіння / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 12. – С. 12–16.

41. Дерев'янка Д. А. Дослідження впливу розміщення і заробляння насіння в ґрунт на його травмування та якість при сівбі / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. ВНАУ. – 2014. – Вип. 2(85). – С. 53–60.

42. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування дослідження переміщення насіння і його травмування по розподільчій пластині запропонованої конструкції дискового сошника / Д. А. Дерев'янка, Зб. наук. пр. ВНАУ. – 2014. – С. 43–52.

43. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування ефективності схеми зерноочисних машин для обробки зернового вороху після обмолочування / Д. А. Дерев'янка // Вісн. ЖНАЕУ. – 2014. – № 2, т. 4. – С. 199–206.

44. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування та теоретичні розрахунки руху зернівок вздовж лопаток похилих секторів вібровідцентрового сепаратора / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. Укр. НДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2014. – Вип. 18. – С. 285–293.

45. Дерев'янка Д. А. Дослідження впливу механічних навантажень на травмування насіння барабанными аксіально-роторними обмолочувальними апаратами / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. КНТУ. – 2014. – Вип. 27. – С. 168–173.

46. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування на міцність насіння зернових культур / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. КНТУ. – 2014. – Вип. 44. – С. 7–12.

47. Дерев'янка Д. А. Формалізація деформації і травмування зернівок, поверхню якої надано еліпсоїдом обертання / Д. А. Дерев'янка // Наук. вісн. НУБПУ. – 2014. – Вип. 196. – С. 217–225.

48. Дерев'янка Д. А. Вплив надходження хлібної маси в молотильний апарат під час обмолочування на травмування насіння / Д. А. Дерев'янка // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 8. – С. 53–56.

49. Дерев'янка Д. А. Формалізація деформації і травмування зернівки, поверхні якої надано еліпсоїдом обертання / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 1. – С. 18–22.

50. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування розподілення зернового вороху сортувальними решетами із різною шириною отворів / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 2. – С. 18–22.

51. Дерев'янка Д. А. Вплив робочих елементів скребкового транспортера на травмування та якість насіння зернових культур / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 7. – С. 16–19.

52. Дерев'янка Д. А. Вплив стрічкового транспортера на травмування та якість насіння зернових культур / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 8. – С. 11–14.

53. Дерев'янка Д. А. Вплив робочих елементів ковшового транспортера на травмування та якість насіння зернових культур / Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Всеукраїнський науково-технічний журнал ВНАУ. – 2015. – № 3 (92). – С. 73–77.

54. Дерев'янка Д. А. Вплив робочих елементів шнекового транспортера на травмування та якість насіння зернових культур / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 9. – С. 11–18.

55. Дерев'янка Д. А. Дослідження ударної взаємодії травмування насіння поверхнею циліндричного решета вібросепаратора після його сходження з диска розподільника / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 6. – С. 9–12.

56. Дерев'янка Д. А. Исследование влияния перемещения семян на их травмирование и качество по распределительной пластине модернизированной конструкции дискового сошника / Д.А. Дерев'янка // ННЦ «ІМЕСГ»: загальнодержавний зб. – 2015. – Вип. №1(100). – С. 99–110.

57. Дерев'янка Д. А. Дослідження процесу травмування насіння при його русі по поверхні циліндричного решета вібровідцентрового сепаратора / Д. А. Дерев'янка // Всеукраїнський науково-технічний журнал ВНАУ. – 2015. – № 2 (90). – С. 14–18.

58. Дерев'янка Д. А. Дослідження процесу травмування насіння при його русі по поверхні циліндричного решета вібровідцентрового сепаратора / Д. А. Дерев'янка // Всеукраїнський науково-технічний журнал ВНАУ. – 2015. – № 1(91). – С. 32–38.

59. Дерев'янка Д. А. Вплив технічних засобів на травмування і якість насіння під час підсушування / Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2016. – № 7. – С. 23–26.

60. Дерев'янка Д. А. Дослідження травмування насіння робочими елементами протруювача при проходженні технологічного процесу / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. КНТУ. – 2016. – Вип. 29. – С. 18–24.

61. Дерев'янка Д. А. Вплив компонентів зернового вороху на травмування і якість насіння / Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2016. – № 6. – С. 17–20.

62. Дерев'янка Д. А. Вплив вібропристосування на рух насіння по поверхні циліндричного решета та його травмування / Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. № 1 (53), Т.3. – С. 257–262.

63. Дерев'янка Д.А. Травмування зернівок та режими підсушування при підготовленні насіння / Д. А. Дерев'янка, О. М. Сукманюк, О. Д. Дерев'янка // Подільський вісник : сільське господарство, техніка, економіка. – 2017. Вип. 27. – С.121–129.

Публікації в іноземних наукових фахових виданнях

64. Деревянко Д. А. Влияние травмирования и микроорганизмов на качество семян озимой пшеницы при уборке, послеуборочной обработке и посеве / Д. А. Деревянко // Вестн. Воронежского гос. аграр. ун-та. – 2011. – Вып. 2. – С. 53–55.

65. Деревянко Д. А. Качественные показатели зерна и семян озимой ржи и влияние на них травмирования и микроорганизмов / Д. А. Деревянко // Вестн. Воронежского гос. аграр. ун-та. – 2011. – Вып. 3. – С. 39–41.

66. Деревянко Д. А. Улучшение посевных качеств семян пшеницы при послеуборочной обработке / Д. А. Деревянко // Междунар. сельскохозяйственный журн. – 2011. – Вып. 3. – С. 59–60.

67. Деревянко Д. А. Влияние травмирования зерна на качество семенного материала / Д. А. Деревянко // Междунар. сельскохозяйственный журнал. – 2011. – Вып. 5. – С. 50–51.

68. Деревянко Д. А. Влияние послеуборочной обработки на качество зерна и семян пшеницы/ Д. А. Деревянко // Междунар. сельскохозяйственный журнал. – 2011. – Вып. 4. – С. 58–59.

69. Деревянко Д. А. Определение оптимальной влажности зерна при обмолоте и послеуборочной подготовке семян / Д. А. Деревянко // Международный с.-х. журн. – 2011. – Вып. 6. – С. 41–42.

70. Деревянко Д. А. Исследование повреждений зерна и семян озимой ржи / Д. А. Деревянко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – Вып. 7. – С. 30–31.

71. Деревянко Д. А. Изменение качества семян зерновых на различных технологических стадиях / Д. А. Деревянко // С.-ХМИ. – Технологии. – 2012. – № 2. – С. 41–43.

72. Деревянко Д. А. Качество семян озимой пшеницы в зависимости от технологий их подготовки на зерноочистительных заводах/ Д. А. Деревянко. Агро XXI, М., № 1 – 3. – 2012. – С. 39– 41.

73. D. Derevjanko. The modeling of the seed injury dynamics / D. Derevjanko, E. Sukmaniuk, S. Chychylyuk, R. Grudovyi, O. Derevjanko.// Massachusetts Review of Science and Technologies, “MIT Press”, 2016, № 1 (13). – P. 743–749.

74. D. Derevjanko. Caryopsides injury and drying modes while seed preparing / D. Derevjanko, E. Sukmaniuk, O. Derevjanko.// “History, Problems and Prospects of Development of Modern Civilization” The XVIII International Academic Congress (Japan, Tokyo, 25-27 January 2017) “Tokyo University Press” 2017. – P. 108–113.

75. D. Derevjanko Grain crops injuries and drying modes while seeds preparation/ D. Derevjanko, E. Sukmaniuk, O. Derevjanko // INMATEH - Agricultural Engineering journal. – 2017. – Vol. 53, No.2. – PP. 89–94.

Тези наукових доповідей

76. Дерев’янку Д. А. Вплив травмування і розподілення зернової маси при збиранні та післязбиральній підготовці на якість насіння / Д. А. Дерев’янку // Матеріали XXII Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та IX Всеукраїнської конференції семінару аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії 21–23 травня 2014 року. ННЦ «ІМЕСГ». – 2014. – С. 71–73.

77. Дерев’янку Д. А. Вплив механічних навантажень на травмування насіння / Д. А. Дерев’янку, О. М. Сукманюк, О. Д. Дерев’янку // Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник наукових праць XVIII Міжнародної наукової конференції (16–18 жовтня 2017 р., м. Кам’янець-Подільський). Тернопіль: Крок, 2017, – С. 77–79.

Патенти України на винахід

78. Патент 96249 МПК A01C7/20 (2006.01). Сошник дводисковий широкорядний. Патент України МПК A01 C 7/20 (2006.01). Д. А. Дерев’янку, І. Г. Грабар, А. І. Синявська – № 96249; заявл. 31.01.2011 р.; Опубл. 10.10.2011 р.; Бюл. № 19. *(Здобувач розробив технологічну схему і дослідну модель та їх практичну реалізацію).*

79. Пат. НА 100320 С2 МПК (2012.01) В07В9/00. Відцентровий пневмосепаруючий пристрій зерносепаратора. Пат. України КМ МПК (2012. 01) В07В9/00. Д. А. Дерев'янка – № 100320; завл. 14.06.2011 р.; опубл. 26.12.2012 р.; Бюл. № 23. *(Здобувач розробив технологічну схему та запропонував формулу винаходу на патент).*

80. Пат. UA 100794 С2 МПК (2013.01) В07В 9/00. Відцентровий розкидний пневмосепаруючий пристрій зерносепаратора. Пат. України. МПК (2013. 01) В07В9/00. Д. А. Дерев'янка – № 100794; заявл. 18.07.2011 р.; опубл. 25.01.2013 р.; Бюл. № 2. *(Здобувач розробив технологічну схему та запропонував формулу винаходу на патент).*

81. Пат. UA 105313 МПК (2014.01) В07В1/22 (2006.01) В07В9/00. Сепаратор вібровідцентровий. Пат. України МПК (2014. 01) В07В 1/22(2006.01) В07В9/00. Д. А. Дерев'янка – № 105313; заявл. 12.03.2013 р.; опубл. 25.04.2014 р.; Бюл. № 8. *(Здобувач запропонував формулу винаходу, обґрунтував конструкцію та здійснив його практичну реалізацію).*

Патенти України на корисну модель

82. Пат. КМ. 66213 МПК (2011.01) В 07 В 9/00. Сепаратор вібровідцентровий Пат. України на КМ МПК (2011. 01) В07 В 9/00. Д. А. Дерев'янка, І. Г. Грабар, А. І. Синявська – № 66213; заявл. 14.06.2011 р.; Опубл. 26.12.2011 р.; Бюл. № 24. *(Здобувач взяв участь в обґрунтуванні конструкції сепаратора вібровідцентрового, запропонував формулу винаходу та його практичну реалізацію).*

83. Пат. КМ. 66218 МПК (2011. 01) В 07 В 9/00. Сепаратор вібровідцентровий, Пат. України на КМ МПК (2011. 01) В07 В 9/00. Д. А. Дерев'янка, І. Г. Грабар, А. І. Синявська – № 66218; заявл. 14.06.2011 р.; опубл. 26.12.2011 р.; Бюл. № 24. *(Здобувач взяв участь в обґрунтуванні конструкції сепаратора вібровідцентрового, запропонував формулу винаходу та його практичну реалізацію).*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НА ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ ЗЕРНІВОК ПРИ ПРОХОДЖЕННІ ТЕХНОЛО- ГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВЛЕННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	19
1.1. Будова зернівки, її фізико-механічні та біологічні особливості.....	19
1.2. Агрономічні та стандартні вимоги до якості насіння і головні фактори та причини зниження показників якості	38
1.3. Технологічні та біологічні особливості травмування насіння зернових культур різними технічними та технологічними засобами їх оброблення.....	49
1.3.1. Комбайни для збирання урожаю, на яких проводилися дослідження.....	49
1.3.2. Насіннеочисні машини та технологічні лінії, на яких проводилося підготовлення насіння після збирання зернових культур.....	53
1.3.3. Технічні засоби для протруювання насіння	56
1.3.4. Механізми для транспортування та завантаження насіння.....	58
1.3.5. Зернопосівні агрегати з експериментальними робочими органами	59
1.4. Теоретичний аналіз впливу технічних засобів і технологічних процесів, від збирання до сівби, на ефективність роботи та зниження травмування насіння.....	60
1.5. Висновки до розділу.....	87
1.6. Задачі та програма досліджень.....	89
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕХАНІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВІД ЗБИРАННЯ ДО СІВБИ	92
2.1. Дослідження впливу робочих органів зернозбиральних молотильних агрегатів на травмування і якість зернівки	92

2.2. Дослідження впливу робочих органів насіннеочисних машин на очищення, деформацію, травмування і якість насіння.....	96
2.2.1. Моделювання динаміки травмування насіння від багаторазових механічних впливів при післязбиральному його підготовленні.....	96
2.2.2. Обґрунтування ефективності очищення та розподілення зернового вороху на фракції при підготовленні насіння.....	102
2.2.3. Дослідження механічних впливів на деформацію та травмування зернівок при підготовленні насіння.....	112
2.2.3.1. Аналітичне відображення деформації та травмування зернівок при потраплянні на розподільник пневмосепаруючого пристосування.....	112
2.2.3.2. Дослідження характеру пружно-в'язкої деформації та травмування зернівок при взаємодії з поверхнею розподільника насіння...	124
2.2.3.3. Формалізація деформації та мікротравмування зернівок, поверхня яких описується еліпсоїдом обертання.....	128
2.2.3.4. Формалізація деформації-травмування зернівок від дії розподільника насіння	133
2.2.4. Дослідження впливу робочих органів вібровідцентрового сепаратора на очищення, травмування та якість насіння.....	141
2.2.4.1. Вплив робочих елементів пневмосепаруючого пристосування вібросепаратора на продуктивність, ефективність очищення, травмування та якість насіння.....	141
2.2.4.2. Дослідження руху і травмування зернівок по диску розподільника на циліндричні решета.....	159
2.2.4.3. Дослідження ударної взаємодії зернівок з поверхнею циліндричного решета та процесу травмування насіння.....	164
2.2.4.4. Дослідження динаміки відносного руху зернівки по поверхні циліндричного решета.....	167

2.2.4.5. Дослідження процесу травмування насіння при його русі по поверхні циліндричного решета.....	178
2.3. Дослідження впливу робочих органів протруювача на травмування і якість насіння.....	184
2.4. Дослідження впливу робочих органів транспортувальних та завантажувальних технічних засобів на травмування і якість насіння....	194
2.4.1. Травмування насіння при транспортуванні та завантаженні скребковими транспортерами.....	194
2.4.2. Травмування насіння при транспортуванні шнековими транспортерами	199
2.4.3. Травмування насіння при завантаженні стрічковими транспортерами	204
2.5. Дослідження впливу робочих органів зернової сівалки на розподілення, травмування і якість насіння при смуговій сівбі	208
Висновки до розділу	218
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРАВМУВАННЯ, ДЕФОРМАЦІЇ, ПОШКОДЖЕННЯ І ЯКОСТІ НАСІННЯ. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ПРИЛАДИ.....	221
3.1. Загальні методи визначення травм та їх класифікація.....	221
3.2. Загальна методика визначення деформації зернівок	227
3.3. Загальна методика визначення пошкодження насіння мікроорганізмами.....	228
3.4. Загальна методика визначення якості насіння та узагальненого показника травмування на всіх стадіях технологічних процесів.....	229
3.5. Експериментальне обладнання та прилади	231
Висновки до розділу.....	239
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ, ЛАБОРАТОРНИХ І ВИРОБНИЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРАВМУВАННЯ НАСІННЯ ТА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ	241

4.1. Результати дослідження впливу параметрів і режимів роботи молотильних агрегатів на травмування та якість насіння.....	241
4.2. Результати досліджень впливу параметрів і режимів роботи зерноочисного і насінневого заводу «Petkus» на травмування та якість насіння	259
4.3. Травмування насіння при його обробленні на вібровідцентровому сепараторі та інших насіннеочисних машинах і експериментальних обладнаннях.....	264
4.4. Результати дослідження впливу транспортувальних і завантажувальних технічних засобів на травмування та якість насіння	286
4.5. Результати дослідження впливу робочих елементів протруювачів на травмування та якість насіння	293
4.6. Результати дослідження впливу робочих органів зернової сівалки на травмування та якість насіння	302
Висновки до розділу.....	310
РОЗДІЛ 5. ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПІДГОТОВЛЕННЯ НАСІННЯ.....	317
5.1. Шляхи зниження травмування насіння при збиранні.....	317
5.1.1. Вплив строків і способів обмолочування на травмування і якість насіння зернових культур.....	317
5.1.2. Вплив сортових, агротехнічних та біологічних особливостей зернового вороху на травмування насіння.....	319
5.1.3. Вдосконалення технологічного процесу при збиранні та його вплив на травмування і якість зернівок	321
5.2. Шляхи зниження травмування зернівок при післязбиральному обробленні зернового вороху, підготовленні насіння, транспортуванні, завантаженні та сівбі.....	324
5.2.1. Вплив травмування насіння на якісні показники та урожайність..	324
5.2.2. Вплив технологічних процесів та робочих елементів технічних засобів на травмування і якість насіння	329

5.3. Перспективи вдосконалення технологій та технічних засобів підготовки високоякісного насіння.....	335
Висновки до розділу	345
РОЗДІЛ 6. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИЧИН ТРАВМУВАННЯ ЗЕРНІВОК ЗА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВЛЕННЯ НАСІННЯ ТА ЇХ ГОСПОДАРСЬКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	348
6.1. Конструкційно-технологічні розробки та інженерні рішення вдосконалення робочих органів вібросепаратора і дискового сошника зернової сівалки СЗ–3,6 А–04.....	348
6.2. Господарсько-економічна ефективність реалізованих наукових розробок	358
6.2.1. Ефективність зниження травмування та покращення якості насіння при збиранні	358
6.2.2. Ефективність зниження травмування та покращення якості насіння при післязбиральному підготовленні	359
6.2.3. Ефективність зниження травмування та покращення умов розподілення, розміщення в ґрунті та проростання насіння при сівбі дисковим сошником нової конструкції	365
6.2.4. Розрахунок сезонної економічної ефективності при підготовленні товарного зерна та насіння озимих зернових культур на експериментальному вібровідцентровому сепараторі в умовах виробництва і на експериментальній лабораторній установці	366
6.2.5. Загальна техніко-економічна ефективність запропонованих заходів та технічних засобів зниження травмування насіння у процесі обмолочування, післязбирального підготовлення та сівби.....	372
6.3. Впровадження та практичне значення одержаних результатів.....	373
Висновки до розділу.....	374
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	377
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	380
ДОДАТКИ	416

ВСТУП

Забезпечення населення продуктами харчування значною мірою залежить від наявності запасів якісного зерна, які, насамперед, визначаються валовими зборами зернових культур, які формують насінневі фонди, що є основою майбутньої високої продуктивності засіяного родючого українського земельного лану, на якому озима пшениця займає близько 12,5 млн га, а жито до 1,8 млн га. А також створюються товарний, продовольчий і фуражні фонди, що забезпечують виробництво необхідної кількості продуктів тваринницької та землеробської галузей для потреб населення не тільки окремої країни, але й Земної кулі в цілому, яке, згідно з перспективними прогнозами, упродовж декількох десятиків років має зрости до 10 млрд чоловік.

Слід відзначити, що протягом останніх десятиліть отримання валових зборів зерна у нашій країні скоротилося і не перевищувало 1 т на душу населення, але в 2014–2016 роках воно досягло 62–63,8 млн тонн, а середня врожайність зернових культур становила в межах 40 ц/га, у тому числі озимої пшениці – 45 ц/га, а озимого жита – 34 ц/га.

Відомо, що розширення посівних площ у світі обмежене, адже наразі майже 10 % земної кулі використовується людиною, а розораність земельних ресурсів в Україні дуже висока і сягає 84 %, тому збільшення валових зборів зерна можна досягти лише за рахунок зростання урожайності зернових культур, у тому числі озимих. Якість насіння є головним чинником, адже, згідно зі статистичними даними Державної насінневої інспекції, на всій посівній площі висівається до 50 % насіння, що відповідає насінневим кондиціям першого класу, в той час як у провідних зерновиробних країнах світу (США, Канада, країни Європи) цей показник сягає 95 % і більше. Трапляються випадки, коли висівається навіть некондиційне насіння в межах 10 % і більше.

Відомо, що з давніх-давен хлібороби приділяли неабияку увагу відбору насінневого матеріалу. Снопі обтрушувалися вручну, а зерно, отримане із середньої частини колосся, де воно краще і швидше відокремлювалося, після провіювання на вітрових протягах відбиралося для посівних цілей. Наші

сільські господарі багато сотень років тому спостерігали, що пшениця, жито та інші зернові культури формують зерно різне за розмірами, масою, формою, а його якість залежить від місця розташування на колосі, кількості стебел, кущення, ґрунтово-погодних умов, фізико-хімічних властивостей ґрунту, стану родючості та живлення, попередника, після якого вирощується культура, та інших чинників. Упродовж десятиліть науковці-дослідники, селекціонери та практики доводили й обґрунтовували, що високоякісно підготовлене насіння за всіх інших однакових можливостей може формувати близько 50 % майбутнього врожаю. Згідно із потребами та завданнями нинішнього часу, Україна може домогтися отримання валового виробництва зерна в межах 80–100 млн тонн, але для цього необхідно використати головні резерви, в тому числі, насамперед, модернізацію, вдосконалення та конструювання високоефективних і високопродуктивних технічних засобів та технологічних процесів з мінімальним травмуванням зернівок, що забезпечить високу якість.

На шляху інтенсивного розвитку землеробства, гонитви за великим валовим збором зерна внаслідок розширення посівів зернових культур, особливо озимої пшениці, жита, ячменю, кукурудзи, ставлення до підготовки високоякісного насіння було послаблене. Натомість більше уваги приділялося виведенню нових сортів та значному застосуванню хімічних засобів у боротьбі з бур'янами, шкідниками і хворобами сільськогосподарських рослин, що в умовах ринкових відносин стало особливо популярним. А часто необдумане та невміле використання цих напрямків значно погіршило стан екологічного довкілля – ґрунту, повітря, води, але час показав, що всі ці заходи без застосування оптимальних, новітніх технологій вирощування не можуть забезпечити високої продуктивності, і основою агротехнологій є висока якість насіння.

Наявність та використання некондиційного насіння через незадовільну схожість не є головним наслідком його біологічно-фізіологічної неповноцінності. Як показують результати досліджень науки і практики, головною причиною тут є високі рівні травмування зернівок при збиранні,

післязбиральному обробленні та сівбі зернових культур. Невідповідний технічний та технологічний рівень механізації виробничих процесів при збиранні, обробленні, завантажувально-розвантажувальних роботах, а також під час сівби призводить до значного травмування зернівок, пошкодження мікроорганізмами, що значно впливає на зниження схожості та інші показники якості насіння.

Стало очевидним і зрозумілим, що сучасні технічні засоби та технологічні лінії не повною мірою забезпечують отримання якісного зерна та насіння після проходження різних технологічних процесів.

При лабораторній схожості насіння пшениці 96,9 % різниця між нею і польовою схожістю становить 4,5 %, а при лабораторній схожості 56,5 % вона сягає 28,3 %, тобто знижується у два рази. Кожні 10 % травмованого насіння знижують урожайність до 3–4 ц/га, а якщо рівень травмування зростає, то збільшується кількість повторних небезпечних травм, що різко знижує урожайність.

Зниження травмування насіння у два рази забезпечить значне підвищення його якості та врожайності культури до 10 ц/га.

Травмоване насіння під час зберігання та наступних технологічних операцій аж до сівби значно пошкоджується мікроорганізмами та пліснявими грибами, що також впливає на його якість.

Дослідженнями вчених встановлено, що навіть при нетривалому зберіганні на травмованих зернівках кількість мікроорганізмів була у 3,5 рази, а пліснявих грибків у 52 рази більша, ніж нетравмованих.

За два роки зберігання пшениці схожість травмованого насіння знижується більше, ніж у два рази, а не травмованого – до 20 %.

З настанням післязбирального періоду в зернівках відбувається процес дозрівання, який триває в деяких сортів до двох місяців. У цей час відбувається покращення якісних показників, а з урахуванням того, що існуючі нині засоби і заходи післязбиральної обробки насіння не забезпечують потрібної їм якості, то близько 40 % насіння у польових умовах не забезпечує

отримання повноцінних та дружних сходів. Отже, на практиці спеціалісти-виробники змушені перевитрачати насіннєвий матеріал шляхом збільшення норм висіву. У зв'язку з цим тільки по таких зернових культурах, як пшениця, жито, ячмінь, овес потреба в насінні з перевитратами може становити понад 2,5–3 млн т. Тільки при післязбиральному обробленні та зберіганні насіння спостерігається понад третина таких витрат. Для зменшення цих витрат та покращення якісних показників насіннєвого матеріалу необхідно вдосконалювати, модернізувати технічні засоби та технологічні лінії, що забезпечують на всіх стадіях технологічних процесів підготовки насіння високої якості.

Однак необхідно зазначити, що сучасні машини та технологічні лінії для післязбирального оброблення та зберігання зернового вороху, підготовки насіння і сівби металомісткі, громіздкі та дорогі, а рівень травмування зернівок на них майже такий, як і при збиранні, а інколи і більший.

Важливим для теорії та практики є значення наукового обґрунтування теоретичних і експериментальних результатів досліджень, обмежених до цього часу саме з цієї проблеми, тобто процесів впливу робочих елементів машин та технологічних ліній на травмування насіння зернових культур на всіх стадіях його підготовки і застосування та покращення його якісних показників, що є актуальною науково-прикладною проблемою збільшення виробництва зерна в Україні.

Тому при проектуванні нових, реконструкції і модернізації існуючих технічних засобів та технологічних ліній необхідно обов'язково запроваджувати такі технічні рішення, які б забезпечили можливість істотно знизити травмування зернівок.

Покращення процесів збирання, оброблення, підготовки, зберігання та сівби зернових культур стане додатковим та значним резервом для підвищення їх врожайності, а значить – отримання продовольчих, насіннєвих та фуражних ресурсів.

Зв'язок роботи з програмами, планами, темами. Роботу виконано згідно із Законом України «Про стимулювання розвитку вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу» № 5478-VI (5478-17) від 06.11.2012 р., пов'язано із загальними державними і науковими програмами: Постановою Президії Національної академії наук України № 55 від 25.02.2009 р. «Основні наукові напрямки, найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук на 2009...2013 роки»; Постановою Кабінету Міністрів України № 942 від 07.09.2011 р. «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямків наукових досліджень і науково-технічних розробок до 2015 р.» та державною програмою «Зерно України-2015», розробленою у 2011 році науковими установами Національної академії аграрних наук України разом із структурними підрозділами Міністерства аграрної політики та продовольства України, що сприятиме збільшенню виробництва зерна в державі у 2020 році до 80 млн тонн.

Програмою НААН України визначено «Пріоритетні завдання аграрної науки України (період 2008–2015 рр.)»; програмою НААН України «Стратегічний напрям розвитку сільського господарства України на період до 2020 року» і закріплено у Законі України «Про наукову та науково-технічну діяльність» № 2244а від 10.11.2015 р.

Дисертаційна робота є частиною науково-дослідної держбюджетної теми «Створення гнучких технологічних процесів механізованих робіт виробництва продукції рослинництва» (ДР № 0104U004492).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи 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 поставленої мети визначено такі завдання:

- обґрунтувати та побудувати математичні моделі впливу робочих органів зернозбиральних агрегатів на травмування і якість зернівки та насіннеочисних машин на очищення, деформування та травмування насіння;

- запропонувати оптимальні режими роботи молотильних апаратів та очищення зернозбиральних комбайнів вітчизняного і закордонного виробництва на основі наукових, експериментальних та виробничих досліджень;

- дослідити на основі аналізу фізико-механічних властивостей насіння використання математичних моделей ефективності очищення зернового вороху, фракційної технології розподілення та зниження їх впливу на травмування і якість насіння;

- розробити математичну модель травмування зернівок під час переміщення поверхнями робочих елементів вібровідцентрового сепаратора;

- обґрунтувати, на основі математичних моделей, травмування зернівок під час транспортування і завантажування насіння;

- обґрунтувати, на основі математичних моделей та рівнянь, ступінь травмування зернівок під час протруювання насіння;

- виготовити лабораторні, виробничі та експериментальні зразки і обладнання для підготовки насіння до і під час сівби, з метою зниження його травмування і покращення якості;

- здійснити нові конструкційні розробки та інженерні рішення щодо зниження травмування зернівок і покращення якості насіння під час його підготовки на вібровідцентровому сепараторі та сівби дисковим сошником зернової сівалки;

- провести експериментальні, лабораторні та виробничі дослідження впливу технічних засобів та технологічних процесів на травмування, пошкодження мікроорганізмами і якість насіння під час збирання, підготовки, завантажування, протруювання та сівби;

- обґрунтувати шляхи зниження травмування насіння та перспективи вдосконалення технічних засобів і технологічних процесів підготовки високоякісного насіння при збиранні, обробленні зернового вороху, очищенні, калібруванні, транспортуванні, завантаженні, протруюванні та сівбі зернових культур;

– здійснити виробничу апробацію експериментально-лабораторного обладнання вібросепаратора та зернової сівалки для реалізації процесу зниження макро- і мікротравмування насіння зернових культур і підвищення його якості;

– оцінити конкурентоспроможність запропонованих конструкційно-технологічних вдосконалень та розробок і техніко-економічну ефективність зниження травмування насіння під час збирання, підготовки та сівби.

Нова гіпотеза дисертаційної роботи полягає в тому, що покращення якості насіння можна досягти шляхом зниження його макро- та мікротравмування на всіх стадіях технологічних процесів збирання, підготовки і сівби у разі забезпечення мінімального впливу робочих органів технічних засобів на зерновий ворох.

Об’єкт дослідження. Технологічні процеси збирання зернових культур, підготовлення насіння та сівби і їх вплив на травмування зернівок.

Предмет дослідження. Закономірності процесу впливу технічних та технологічних засобів збирання зернових культур, підготовлення насіння та сівби на травмування зернівок і їх якість.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження та розрахунки виконувалися шляхом математичного моделювання процесів роботи технічних засобів та технологічних процесів, використання основних законів механіки та сучасних методів комп’ютерних розрахунків.

Експериментальні дослідження виконувалися в лабораторно-виробничих умовах із використанням натурних зразків та технічних засобів за розробленими і стандартними методиками.

Наукова новизна одержаних результатів

Вперше:

- розроблені математичні моделі, які дозволили дослідити вплив робочих органів зернозбиральних молотильних агрегатів барабанного і роторного типів та робочої поверхні пневмосепаруючого пристрою вібросепаратора на макро- і мікротравмування та якість насіння зернових культур.

Показано значну перевагу імпульсного ударяння насіння у разі барабанного обмолочування перед роторним. Графічними залежностями відсоткового травмування зернівок показано, що за частоти обертання барабана та ротора 600 об/хв. мікротравмування становлять відповідно 26,4 та 21,4%.

Співударяння, тертя, швидкість руху, відстань проходження робочими поверхнями пневмосепарувального пристрою сприяють збільшенню мікротравмування насіння після кожної **i-тої** технологічної операції;

- експериментально доведено, що значна кількість зернової маси в основній фракції, до якої входить насіння, з кращими показниками якості та меншим травмуванням зернівок досягається внаслідок застосування сортувальних решіт з діаметром отворів 2,6 мм і швидкістю руху насіння у пневмосепарувальному каналі 7,5–8,0 м/с порівнянно із використанням решіт з меншим діаметром отворів, але більшою швидкістю руху 8,5–9,5 м/с;

- встановлено, що за обертів диска розподільника пневмосепарувального пристрою вібросепаратора $n_p = 60\text{--}110 \text{ хв}^{-1}$, коефіцієнта тертя $f = 0,2$, кутів нахилу секторів лопаток $\alpha = 30^0\text{--}45^0$ та довжини лопаток 135 мм оптимальна швидкість руху зернового вороху по диску перебуває в межах 7,5–8,0 м/с, що мінімізує мікротравмування і позитивно впливає на якість насіння;

- експериментально встановлено, що падіння зернівок масою 0,04–0,05 г з їх поперечним радіусом 3–4 мм на сферичну поверхню розподільника, який обертається з кутовою швидкістю до $6 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$, мінімально діє на ступінь деформування, а збільшення обертів суттєво впливає на зростання деформування і травмування насіння;

- показано, що травмування зернівок при протруюванні суттєво залежить від кута нахилу витків шнека, оптимальне значення якого знаходиться в діапазоні $5\text{--}15^0$ при коефіцієнті тертя $f=0,2\text{--}0,3$;

- встановлено, що за швидкості руху 1,5–2,5 м/с скребкового і стрічкового транспортерів під час транспортування та завантаження насіння травмується в межах 1,5–2,5 %;

- експериментально встановлено на основі отриманої математичної моделі руху насіння по новому робочому органу пропонованої конструкції дискового сошника, що для зниження мікротравмування та оптимального розподілення насіння на поверхні підшви ґрунту у вигляді смуги, а не в рядку, на пластині розподільника з гумовим покриттям розміщено у шаховому порядку 9 рядів штирів діаметром 3 мм і довжиною 10–15 мм, покритих гумою або іншими еластичними матеріалами, з відстанню між штирями в ряду 12 мм і між рядами – 18 мм.

Набуло подальшого розвитку:

– встановлення закономірностей впливу робочих органів різних технічних засобів та технологічних процесів на ефективність, продуктивність та якість їх роботи під час збирання, підготовлення насіння та сівби зернових культур;

– обґрунтування фракційного розподілення зернового вороху та його впливу на травмування і якість насіння;

– методи оцінення впливу технічних, технологічних та конструкційних розробок і вдосконалень на мікротравмування і пошкодження зернівок мікроорганізмами та якісні показники насіння.

Практичне значення та впровадження одержаних результатів. На основі проведених наукових досліджень обґрунтовано конструкційні параметри, режими роботи та технологічні удосконалення робочих органів машин для підвищення їх ефективності, зниження травмування і пошкодження насіння для покращення його якості.

Отримані результати досліджень використано для виготовлення експериментальних машин типу БЦСМ, які застосовувалися на підготовленні насіння озимих зернових культур, а також зернової сівалки із дисковим сошником нової конструкції за сівби зернових культур на підприємствах: ПАТ «Червона зірка» м. Кропивницький; «Житомирський обласний державний центр експертизи сортів рослин», м. Житомир; ФОП «Тарасевич» м. Житомир; СВТП «Механік», м. Житомир; ПП «Україна», Попільнянський район Житомирської області; СВК «Маяк», Оратівський район Вінницької області;

СФГ «Стецівське», Звенигородський район Черкаської області, що підтверджується актами впровадження результатів наукової роботи, які надано в дисертаційній роботі.

Використання зазначених технічних засобів забезпечує сезонний економічний ефект 3777247 грн.

Особистий внесок здобувача. Основні результати теоретичних та експериментальних досліджень дисертаційної роботи одержані самостійно.

В опублікованих працях, виконаних у співавторстві, здобувачеві належать аналіз, обґрунтування та експериментальні дослідження впливу технічних засобів на травмування та якість насіння на різних стадіях технологічних процесів його підготовки і сівби.

Аналіз отриманих результатів досліджень виконано спільно з науковим консультантом.

Під час проведення експериментальних, виробничих та лабораторних досліджень здобувач розробив програму, методику та конструкції експериментальної і лабораторних установок, брав участь у їх створенні, а також обробленні отриманих результатів.

Апробація результатів. Основні результати доповідалися на 14 міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях, у тому числі на таких: Міжнародна науково-практична конференція “Інноваційні технології в АПК і лісовому комплексі та переробній галузі” 2–3 червня 2011 р. у Луцькому національному технічному університеті; XIX Міжнародна науково-технічна конференція ННЦ “ІМЕСГ” 5–7 липня 2011 року “Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві”; VIII Міжнародна науково-практична конференція “Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки” 3–4 листопада 2011 року у Кіровоградському національному технічному університеті; XVI Міжнародна науково-технічна конференція ННЦ «ІМЕСГ» 30 вересня – 1 жовтня 2008 року «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» смт Глеваха; VII Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми конструювання,

виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» 28–30 жовтня 2009 року у Кіровоградському національному технічному університеті; XI Міжнародна наукова конференція з нагоди 110-ї річниці від дня народження академіка П. М. Василенка «Сучасні проблеми землеробської механіки» 18 жовтня 2010 року у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, м. Київ.; Міжнародна науково-практична конференція «Технічний прогрес в АПК» 24–25 березня 2011 року у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені П. Василенка; Научная конференция «Инновационные направления механизации и электрификации сельскохозяйственного производства» 12 апреля 2011 года ФГОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет им. К. Д. Глинки» г. Воронеж, Россия; III Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні технології в АПК і лісовому комплексі та переробній галузі» 2–3 червня 2012 року у Луцькому національному технічному університеті; XX Міжнародна науково-практична конференція ННЦ «ІМЕСГ» 23–24 травня 2013 року «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» смт Глеваха; Міжвузівська науково-технічна конференція, присвячена 90-річчю ЖНАЕУ, 24 вересня 2012 року; Міжнародна науково-практична конференція «Технічний прогрес в АПК» 23–24 березня 2013 року у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені П. Василенка; XXIV Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми землеробської механіки» 16.10.2013 р. у ННЦ «ІМЕСГ», смт Глеваха; XXII Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» в ННЦ «ІМЕСГ» 22–23 травня 2014 року, смт Глеваха; XII Міжнародна наукова конференція з нагоди 115-ї річниці від дня народження академіка П. М. Василенка «Сучасні проблеми землеробської механіки» 18 жовтня 2015 року у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, м. Київ.

Публікації. Основний зміст і результати наукової роботи опубліковано в монографіях «Вплив технічних засобів та технологічних процесів на травмування і якість насіння» та «Вплив травмування на якість насіння зернових культур», 75-х статтях фахових видань (57 одноосібних), 12 – у виданнях іноземних держав (9 одноосібних), 2 – у тезах міжнародних наукових конференцій, а також у 6 патентах України на винаходи і корисні моделі.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Наукова робота складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи становить 475 сторінок (основна частина становить 342 сторінки), в тому числі 151 рисунок, 59 таблиць, 23 додатки на 60 сторінках, список використаних джерел нараховує 378 найменувань.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НА ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ ЗЕРНІВОК ПРИ ПРОХОДЖЕННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВЛЕННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

1.1. Будова зернівки, її фізико-механічні та біологічні особливості

Зерно таких злакових культур, як пшениця, жито, ячмінь, рис, є однонасінним плодом з дуже тоненьким навколоплідником, який міцно зрісся з насіниною. Ботанічна назва такого плоду – зернівка, яка за формою може бути видовженою, яйцеподібною (найбільша ширина посередині), округлою, ребристою, серцеподібною тощо.

У нижній частині зернівки пшениці розміщений чітко окреслений ззовні зародок у вигляді невеликого виступу, але розташований він не на самому кінці зернівки, а дещо навскоси на округлій, або спинній, її стороні. А на протилежній, черевній, стороні проходить різної глибини борозенка, якої не мають хлібні злаки іншої групи.

При вимірюванні зернівок розрізняють їх довжину, ширину та товщину. Довжиною вважають відстань від нижньої частини, тобто зародка, до верхнього кінця, тобто чубчика. Якщо зернівку розмістити черевною частиною донизу, то горизонтальний діаметр буде становити її ширину, а вертикальний – товщину. У більшості випадків її ширина більша від товщини. Форма зернівки пов'язана з сортовими особливостями пшениці і значною мірою залежить від дії внутрішніх та зовнішніх чинників. Щодо внутрішніх, то це фізіологічні та біологічні особливості сорту, а стосовно зовнішніх, то головні з них – незадовільні погодно-кліматичні умови при наливанні та дозріванні зерна, випадання значної кількості опадів, високі температури, проростання на корені, перестояння на великих повітряних потоках. При зберіганні за особливо низьких температурних режимів зернівки можуть втрачати притаманну їм форму,

внаслідок чого глибина борозенок збільшується, що може викликати негативний вплив інших факторів, які діятимуть на погіршення якості.

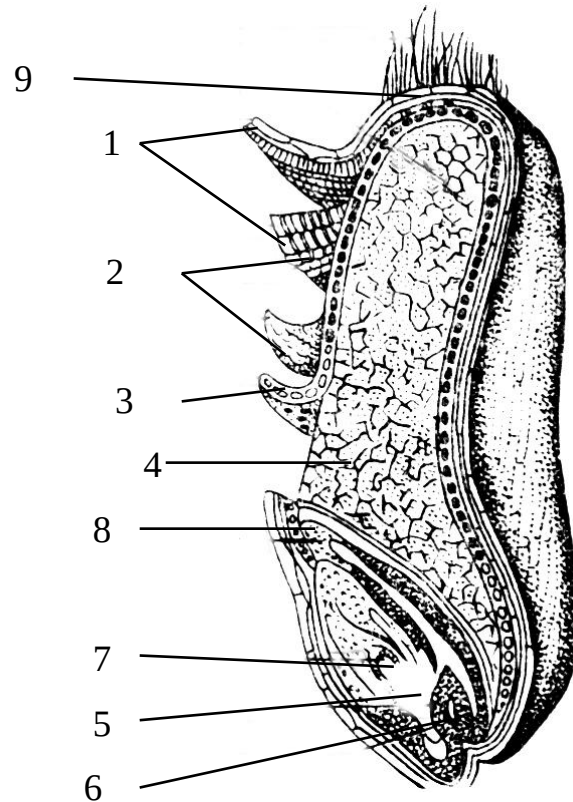


Рис. 1.1. Поздовжній розріз зернівки пшениці:

1 – плодові оболонки; 2 – насінні оболонки; 3 – алейроновий шар; 4 – ендосперм;
5 – зародок; 6 – зародкові корінці; 7 – почечка; 8 – щиток; 9 – чубчик.

Згідно з анатомічною побудовою, зернівка складається з оболонок, ендосперму та зародку (рис. 1.1).

Склад кожної із вказаних частин містить багатоклітинні тканини, що виконують різні функції, притаманні саме цій частині, а тому відрізняються між собою будовою, фізико-механічними особливостями та хімічним складом.

Оболонки виконують роль захисту зародка та ендосперму від механічних впливів, пошкоджень мікроорганізмами та інших дій зовнішніх факторів, несприятливих для зернівок. Пошкодження оболонок негативно впливає на зародок та ендосперм, внаслідок чого втрачаються їх позитивні якості, що вказує на важливість збереження цілісного складу оболонок для отримання якісних показників усієї зернівки.

Зовнішня частина зернівки покрита плодовою оболонкою, яка складається з кількох шарів клітин, що утворюються зі стінок зав'язі. Верхній шар плодової оболонки – епідерміс – складається із довгих клітин, які розміщуються паралельно до довжини зернівки та на її вершині утворюють короткі волоски, які становлять чубчик. Середній шар – мезокарпій, або середня паренхіма, яка утворена із товстіших клітин, розташованих у 2–3 ряди по довжині зернівки. Бувають випадки, коли цей шар клітин, залежно від різних факторів, не формується. Хлорофілоносний шар формується із поперечних видовжених, товстостінних клітин. Внутрішній епідерміс складається із трубчастих клітин, які розміщені по довжині зернівки.

Таким чином, плодова оболонка складається, в основному, із механічних тканин, а тому має неабияку міцність. У складі зернівки пшениці вона становить 3,3–6,8 % від загальної маси сухої речовини. Під плодовою оболонкою розміщується насіннева оболонка, яка являє собою стінки зав'язі і складається із двох шарів клітин. Верхній шар формується двома рядами клітин, розташованих під певним кутом вищеутворених клітин плодової оболонки, майже перпендикулярно розміщених між собою, і складається із ніжних безкольорових клітин. Нижній шар складається із товстостінних клітин з пігментним забарвленням.

Гіаміновий шар становить тонкі, ніжні безкольорові клітини, які мають вигляд плівки. Для життєдіяльності зернівки він відіграє особливу, унікальну роль у зв'язку з тим, що є бар'єром для проходження вологи в ендосперм і саме цим не допускає псування запасних речовин. У складі сухої маси зернівки пшениці насіннева оболонка становить 1,3–4,1 %.

Плодові та насіннєві оболонки зернівок твердих пшениць крихкі, важковідокремлювані від ендосперму, трішки товстіші, ніж у м'яких, у яких вони еластичні.

Товщина плодових оболонок перебуває межах 30–60 мікрон, а насінневих – у межах 4,3–11,3 мікрона.

Із поширенням вирощування пшениці з півдня на північ, у зв'язку зі зміною ґрунтових та погодно-кліматичних умов, що, насамперед, пов'язано із вологістю та сонячною енергією, на півночі оболонки більш товсті. У добре виповненого зерна, склоподібного, високої маси та натури, оболонки тонші, ніж у дрібного та борошністого. На різних поверхнях зернівки товщина оболонок також різна, а тому на спинці вони товстіші. Згідно з хімічним складом, оболонки формуються, в основному, із незасвоюваних речовин – клітковини та напівклітковини. Але в їх складі присутній значний вміст вітамінів.

В ендоспермі розрізняють периферичний зовнішній алейроновий шар та внутрішню борошністу частину (рис. 1.2).

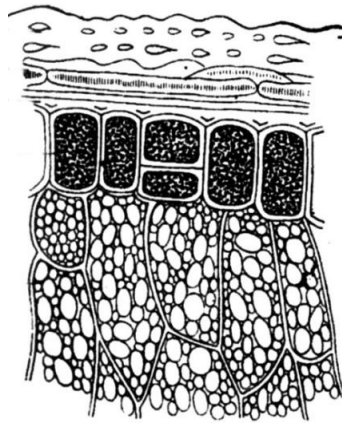


Рис. 1.2. Поперечний розріз зернівки пшениці.

Алейроновий шар розміщується безпосередньо під оболонками, а в його клітинах містяться алейронові зерна. У ньому розташовані високої концентрації пластичні, фізіологічно активні речовини, а також тут зосереджена майже 1/6 частина запасів білка зернівки. Склад алейронового шару зернівок різних культур суттєво відрізняється за формою, будовою та хімічним вмістом. Якщо видалити його у насіння пшениці, то це викличе різке затримання проростання ростків, що пов'язане з порушенням важливих фізіологічних функцій. Від маси сухої речовини у зернівці пшениці алейроновий шар становить 3,5–9,5 %, вміст білка сягає 30 %. Товщина цього шару коливається в межах від 29-и до 51-го мікрона. У зернівках твердої пшениці його товщина більша, ніж у м'якої форми. Після алейронового шару розміщуються великі, тонкостінні багатогранні клітини різноманітної форми, які займають усю внутрішню частину ендосперму

та густо заповнені крохмальними зернами різної величини, у проміжках між якими містяться білкові та інші речовини блідо-жовто-коричневого кольору. Крохмальні зерна зернівок різних злаків мають свій характер, вигляд і форму, що дає можливість при дослідженнях їх розрізняти та визначати їх зміну.

Борошнисте ядро являє собою внутрішню частину ендосперму та є запасом поживних речовин для зародка, мучність його сягає 77–84 % від загальної маси сухої речовини зернівки. Загальний склад ендосперму від маси зернівки становить 85 %. Він є основним постачальником запасних органічних речовин на первинному етапі росту та розвитку рослини. При здійсненні розмелювання зернівок, для використання з продовольчою метою, ендосперм перетворюється на борошно.

Зародок розміщений у нижній частині зернівки трішки навскоси, диференційований на різні частини – зачаток майбутньої рослини. Його форма округла або овальна, а на верхівці розміщені горбочки, з яких будуть розвиватися первинні корінці. Вище розміщується первинне стебло, в кінці якого – брунька, накрита ковпачком зародкових листочків. Він відділений від ендосперму щитком, видозміненим сім'ядольним листком, радіальні клітини якого мають значну всмоктувальну силу і при зволоженні передають вологу від зародка до ендосперму, а розчинні поживні речовини – від ендосперму до зародка при проростанні рослини. У зародку міститься значна кількість цінних поживних речовин і амінокислот, цукрів, жирів, мінеральних речовин, вітамінів та ферментів. У зв'язку з тим, що він високогігроскопічний через наявність у ньому великої кількості гідрофільних колоїдів, вологість його завжди більша, ніж інших частин зернівки. Відсоткове відношення зародка у дрібних зернівок завжди більше, тому гігроскопічність їх вища.

Внаслідок випадання опадів перед збиранням, у процесі збирання та у післязбиральний період, зародок всмоктує багато вологи, тому він збільшується, а разом з цим підвищується ймовірність контакту з елементами машин та механізмів, що і призводить до його травмування.

Первинні корінці та колеоптиле зародка виконують завдання прориву оболонки у період проростання зернівки. Від загальної сухої маси зернівки він становить 6–9 % та неоднаковий у різних хлібних злаків.

Волога під час сівби потрібна, насамперед, для набухання зернівки з метою перетворення нерозчинних запасних речовин ендосперму в розчинні для живлення зародка. Зернівки жита, пшениці, ячменю та інших хлібних злаків мають порівняно невелику потребу у волозі по відношенню до абсолютно сухої ваги – в межах 50–55 %.

У період вегетації утворення стебел рослин злакових культур пшениці, жита, ячменю тощо дає розуміння загальної та продуктивної кущистості, що показує наявність частини стебел, які на період збирання урожаю забезпечують дозрівання зернівок, що складають урожай (рис. 1.3, 1.4.)

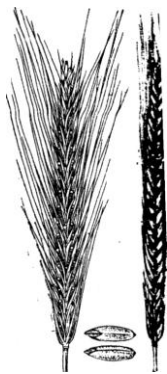


Рис.1.3. Зернівки
жита.

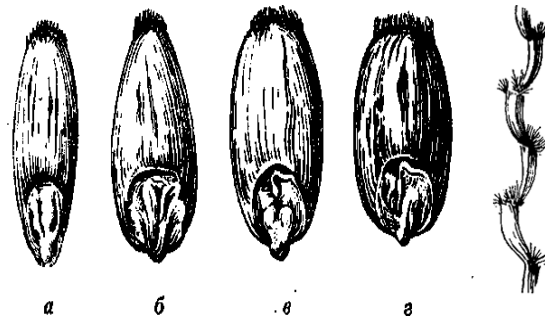


Рис. 1.4. Зернівки
пшениці.

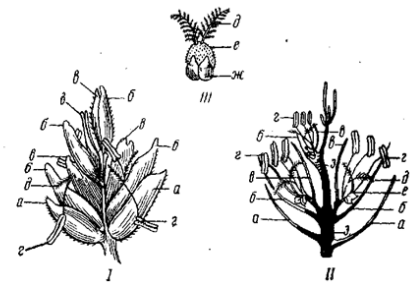


Рис 1.5. Рис 1.6.

Бокова частина стержня і колосок.

На рисунках 1.5–1.6 показано бокову частину стержня колоса пшениці, який складається із окремих члеників із виступами, на яких розміщуються колоски, а також форми колоса пшениці.

Період дозрівання зерна настає тоді, коли зернівки наповнюються органічними речовинами та поступово починається перетворення із рухомого, розчинного їх стану, в малорухомий і нерозчинний. У більшості випадків розрізняють, особливо в господарській, практичній діяльності, три фази дозрівання: молочну, воскову та повну стиглість. За період проходження всіх фаз відбувається значна зміна всієї рослини, а особливо вегетативної її частини,

внаслідок чого повністю змінюється вміст зернівки та її консистенція, що є визначальним при визначенні строків збирання та впливу травмування на якість і урожайність зернової маси.

Відомо, що незначна частина сонячної енергії, так звана фотосинтетична активна радіація (ФАР), використовується рослинами у процесі фотосинтезу, це становить близько 3 %. Деякі дослідження свідчать про те, що високоврожайні сорти озимої пшениці за оптимальних умов вирощування можуть накопичувати в урожаї сухої біомаси майже 5 % ФАР, що дорівнює 300 центнерам сухої маси. Якщо співвідношення зерна і соломи сприймати як 1,0:1,5, то врожайність зерна може досягати близько 150 ц/га.

Зернівки жита, за своєю анатомічною будовою, значно наближені до пшениці. Вони за формою бувають довгі та широкі, довгі та вузькі, а також навпаки – короткі та широкі, короткі та вузькі з глибокою борозенкою на черевній частині та складаються з плодової і насінневої оболонки, ендосперму та зародка.

Плодова оболонка формується з одного шару екзокарпія, клітини якого витягнуті уздовж довжини зернівки; з одного або двох шарів, дуже витончених, ніжних клітин, розташованих також по довжині зернівки, формується мезокарпій. Краї поперечних клітин мають форму з вигнутими закінченнями. Таке розміщення характерне тільки для жита і створює умови для утворення міжклітинників, що надає всій структурі рихлу архітектуру та обумовлює дрібнозморшковату поверхню зернівки. Дослідженнями встановлено, що крохмальні зерна у клітинах зернівок більші, ніж у пшениці.

У жита практично менше пошкоджень зернівок біля зародка, а більше травмується сам зародок, тоді як у пшениці вони становлять (інколи) понад 50 % всіх типів пошкоджень. Такий стан пояснюється тим, що у жита зародок значно виступає із зернівки, а у пшениці він розміщений майже в одних параметрах усієї зернівки. Також зернівки жита отримують значно більші травмування всіх видів, ніж пшениці, у зв'язку із особливостями структурної будови.

Рихлі, крихкі та зморшковаті оболонки жита чинять значно менший опір механічним впливам, порівняно зі щільними, гладкими, міцно сформованими оболонками пшениці.

Дослідження з використанням мікроскопічних приладів показують, що більш інтенсивно пошкоджується плодова оболонка у порівнянні з насінневою, на яку цей процес впливає менше, і особливо верхні її шари.

У межах зародка частіше спостерігаються глибші пошкодження, ніж в ендоспермі.

Розглянуті анатомічні та морфологічні особливості будови зернівок деяких польових культур свідчать про винятково велике їх розмаїття та значні відмінності, в зв'язку з чим виникають неабиякі труднощі при збиранні, післязбиральному обробленні, підготовленні насіння та сівбі.

Внаслідок використання недосконалих технічних засобів та неможливості, а інколи неправильного застосування технологічних ліній при складному і довготривалому виробничому процесі, зернівки отримують значні травмування, і як результат – різке зниження якісних показників продовольства та насіння.

Основа технології збирання зернових культур полягає у відокремленні зерна від материнської рослини, а для її удосконалення та модернізації технічних засобів виникає потреба глибокого знання властивостей зерна, його формування та міцності зв'язку з рослиною.

Неодночасність і нерівномірність дозрівання зернівок є важливою і визначальною їх особливістю, яка надзвичайно впливає на процес збирання урожаю.

У хлібних колосових культур пшениці, жита, ячменю фаза цвітіння починається з колосків середньої частини колоса, розміщеного на головному стеблі, а у зв'язку з цим і дозрівання настає спочатку у цій частині, а вже потім у верхній та нижній частинах колоса.

Проходження відповідних стадій – формування, наливання та дозрівання зерна – є також важливою біологічною особливістю. Дозрівання, у свою чергу, поділяють на відповідні фази: молочна, молочно-воскова, воскова і повна зрілість. На технологічний процес збирання фази впливають істотно, бо є визначальними не тільки для міцності зв'язків, а й міцності самої зернівки.

За даними дослідників, на процес відокремлення зернівки витрачається майже 18–20 % механічної енергії, а решта – на тертя, деформацію, створення

умов відповідного руху обмолочуваної маси та зернового вороху. Відокремлення зернівок пшениці відбувається за швидкості 30 м/с, а жита або ячменю – 36 м/с. Більша швидкість для жита пов'язується із меншою масою зерна у порівнянні із пшеницею, а для ячменю – у зв'язку з тим, що зернівки відокремлюються з плівкою.

Сорти пшениці за складністю обмолоту можна поділити на три групи (табл. 1.1)

Таблиця 1.1

Механічна дія щодо відокремлення зернівок від колосу

Група обмолоту	Затрачена робота, мДж		
	мінімальна	середня	максимальна
Легка	0,2–0,3	3–4	5–8
Середня	0,3–0,4	5–6	9–12
Важка	0,3–0,5	6–8	12–16

За різних технологічних процесів зернівки зазнають механічних навантажень – ударів, внаслідок яких отримують пошкодження, розбиття, подрібнення та руйнування ендосперму, зародка, оболонки, порушення цілісності, оголення, зривання та руйнування квіткових плівок, мікротравмування, пошкодження зародка, ендосперму, оболонки, тріщин.

Міцність зернівки залежить від біологічних особливостей сорту, культури, розмірів, ґрунтових та погодно-кліматичних умов вирощування, вологості, агротехнології, а також від сили та виду механічного впливу – удари, стискання, зрізання, тертя та інше, травмування робочими органами, матеріалу, з якого вони виготовлені, а тому показники міцності, враховуючи велику кількість впливів, коливаються у значних межах.

Пружні властивості зернівки, а також всієї зернової маси, теж впливають на зменшення подрібнення при виробничих процесах.

Опір розчавлюванню внаслідок підвищення вологості обернено-пропорційний, тобто чим вища вологість, тим менший опір. У склоподібних

сортів пшениці опір стисканню більший, ніж у борошнистих і становить відповідно 3,3 і 1,7 мПа, а опір сколюванню борошнистих зернівок більший, ніж склоподібних і дорівнює відповідно 0,05 і 0,3 мПа.

Великого значення при цих процесах набуває деформація зернівок, яка може бути пружною і залишковою (пластичною) та на яку значною мірою впливає вологість.

Пружна деформація відбувається за низьких значень вологості, а залишкова (пластична) зростає у міру підвищення вологості зернівки.

На опір зерна розчавлюванню, розколюванню, зсувам впливають розміри та форми зернівок.

Під час проходження технологічних процесів зернівки зазнають впливу сил тертя. Внаслідок підвищення вологості зернового вороху в цілому, і зокрема зернівок, коефіцієнт тертя зростає, внаслідок чого в кінцевому варіанті це впливає на ступінь пошкодження.

Знання техніко-технологічних властивостей зернівок є обов'язковою умовою для успішного проектування, конструювання, обґрунтування елементів конструкцій, комплектування технологічних ліній на виробничих процесах, точного, своєчасного і правильного технологічного регулювання різних машин, їх робочих органів під час збирання, післязбирального оброблення зернового вороху, підготовлення насіння та сівби зернових культур.

За формою зернівки розділяють на такі класи: *куляста*, коли довжина, ширина та товщина насіння мають незначну різницю або практично однакові (горох, просо); *сочевицеподібна*, коли довжина і ширина однакові, а товщина значно менша (сочевиця); *еліптична*, коли товщина дорівнює ширині, а довжина значно більша (соя); *довгаста*, коли розміри довжини, ширини і товщини різні (пшениця, жито, кукурудза), та *тригранна і більше* – гречка.

Розрізняють наступні поверхні зернівок – *гладенька*, *глянцева*, *ребриста*, *шершава*, *горбиста*, *зморшувата*. Ці властивості залежать від культури, сорту, ґрунтового-кліматичних, агротехнологічних умов вирощування.

Розміри зернівок різноманітні і визначаються лінійними параметрами – довжина, ширина, товщина, які під впливом багатьох чинників змінюються у значних межах.

Довжина зернівок зернових культур коливається в межах від 2 до 18 мм, ширина – від 1,2 до 10 мм, а товщина – від 1 до 8 мм.

Ширина і товщина змінюються під впливом чинників навколишнього середовища.

Зі зміною вологості зернівок у бік збільшення їх довжина зростає в середньому на 5 %, ширина – на 10 %, а товщина – на 6 %.

До маси насіння відносяться абсолютні значення маси 1000 зернівок у грамах, яка коливається в межах 20–50 г, об'ємна маса зернових культур перебуває в межах 400–850 кг/м³, щільність насіння коливається від 0,9 (соняшник) до 1,5 г/см³ (пшениця, ячмінь).

Серед основних сепарувальних властивостей зернівок є тертя ковзання. Згідно з даними дослідників, динамічний коефіцієнт зовнішнього тертя для зернівок пшениці різних матеріалів становить 0,3–0,5. Динамічний f_d і статистичний $f_{ст}$ коефіцієнти зовнішнього тертя перебувають у залежності $f_d = (0,6–0,7)f_{ст}$. Коефіцієнти внутрішнього тертя зернівок основних зернових культур становлять 0,44–0,57.

Важливою особливістю при сівбі є витікання насіння крізь отвори, адже при цьому відбувається травмування зернівок.

Дослідженнями доведено, що найбільша інтенсивність переміщення тих зернівок, які перебувають над отвором, внаслідок руху зона активного руху розширюється та набуває форми конуса. Найменший розмір має відповідати розмірам, формі, коефіцієнту тертя, вологості, засміченості тощо. Зрозуміло, що на кількість витікань насіння впливає форма отвору. Збільшення розміру та форми отвору призводить до зміни загального і питомого об'єму витікання.

Під час різних технологічних процесів відбувається самовільне переміщення зернової маси під впливом сил гравітації, примусове переміщення внаслідок дії певних елементів механізмів та напівпримусове, коли в активному шарі рух

зернівок здійснюється під впливом сил внутрішнього тертя. Активний шар руху зернової маси в цьому випадку має вигляд як такий, що формується із багатьох, накладених один на одного тонких шарів, товщина кожного з них дорівнює товщині зернівки. Якщо перший шар починає рухатися від імпульсу технічного елемента, то другий отримує рух від першого внаслідок виникнення тертя між зернівками, а відповідно – між шарами, то наступний – від попереднього тощо.

Важлива особливість зернової купи під час теплового підсушування – зберегти продовольчі та насінніві показники якості – називається *термостійкістю*.

Внаслідок сушіння відбувається, у першу чергу, зміна температурного режиму, а з ним проходять складні біохімічні процеси, насамперед зародка та ендосперму, так звана денатурація білків, у результаті поглиблення яких відбувається зменшення виходу клейковини або вона взагалі не утворюється, або руйнується, а також втрачається енергія росту, схожість, погіршуються інші показники, які негативно діють на хлібопекарську та насінневу якість.

Під час цих процесів виникають також структурно-механічні зміни, які викликають ущільнення, розривання оболонок, ядра, зародка, тобто виникають травмування.

Здатність зернової маси чинити опір залежить від товщини шару, шпаруватості та поверхні зернівок, швидкості руху маси повітря.

Питома теплостійкість – це здатність зернових мас сприймати та утримувати теплоту протягом певного часу і вимірюється в Дж/(кг/Дж), яка внаслідок збільшення вологості до певних значень зростає, що може викликати самозігрівання.

Теплопровідність відіграє роль у підтримуванні необхідного температурного режиму у зерновій масі.

Властивість зернової маси передавати температуру у просторі має назву *температуропровідність*, а її коефіцієнт показує швидкість нагрівання або охолодження та визначається згідно з формулою $\alpha = \lambda / c$, де λ – коефіцієнт теплопровідності зернівок, Вт/(к/Вт); c – питома теплоємність зернової маси, Дж/

(к/Дж); y – об’ємна маса зернової купи, кг/м^3 . Необхідно зазначити, що зернівки мають низький коефіцієнт температуропровідності, отже – утримують теплову енергію. Цей показник не є сталим і залежить від інших факторів, особливо він знижується від зростання вологості, а також від товщини шару, яка її зменшує.

Зернівка має колоїдну капілярно-пористу структуру, кожна із частин якої – оболонки, зародок, ендосперм – мають різні фізичні та хімічні властивості.

Структурно-механічні властивості характеризують здатність протидіяти деформуванню та руйнуванню у поєднанні зі здатністю пружно та пластично деформуватися під впливом зовнішніх механічних навантажень, а залежно від їх характеру і величини дії на зернівку її лінійні розміри та форми змінюються, тобто виникають деформації, які бувають пружними (зворотними) і пластичними (незворотними). *Пружністю* називають властивість тіла внаслідок деформації повертатися у початковий стан після зупинення впливу дії зовнішніх сил на нього. Якщо ці сили не перевищують певної межі, то деформації, що виникли, будуть носити зворотний характер. Пластичні деформації виникають при навантаженнях, що перевищують межу пружності та супроводжуються «плинністю» речовини без руйнування її структури, а лише зі змінами форми.

Подолання пружної та пластичної деформації в зернівці під впливом зовнішніх сил призведе до її руйнування, яке виникне за появи сили, що перевищує певну межу, яка називається межею міцності.

Здатність зернівки чинити опір механічному руйнуванню називається *міцністю*, яка є результатом впливу сил зчеплення молекул, що є складовими зернівки. Одночасно руйнуванню перешкоджають внутрішні сили та структурний каркас зернівки. Внаслідок порушення зв’язку між молекулами настає деформація та порушується міцність. Наприклад, склоподібні зернівки пшениці при одній вологості мають більш високу міцність порівняно з борошністими, тому що у них більш розвинені клітини, а крохмальні зерна щільно зцементовані між собою та стінками клітин білковими речовинами, які створюють щільну каркасну масу без пустот та повітряних прошарків. В

ендоспермі борошнистої пшениці є внутрішні порожнечі. Модуль пружності та міцність оболонок твердої пшениці вищий, ніж м'якої.

Зі збільшенням навантаження спостерігається лінійна залежність між ними і деформацією. На цій стадії зернівка підпорядковується закону Гука. При досягненні певної межі лінійна залежність між навантаженням та деформацією порушується, але крива росте догори, що свідчить про швидке зростання залишкових деформацій, а при досягненні найбільшого значення навантаження відбувається руйнування зернівки.

Умовна межа міцності буде: $\sigma = P/F \text{ Н/м}^2$, де P – максимальне навантаження, за якого відбувається руйнування зернівки; F – площа поперечного перерізу зернівки.

При зростанні вологості зернівка стає більш пластичною, внаслідок чого величина деформації зростає. Сухі зернівки слабо деформуються, а значить – більш міцні. Зі зростанням вологості відбувається послаблення молекулярних зв'язків, внаслідок чого деформація збільшується, а міцність зменшується. Величину деформації, залежно від вологості, вираховують за формулою $\Delta L = AW - B$, руйнівне зусилля – $P = A_1 - B_1(C)^{W-K}$, де W – вологість зерен, а $A_1 B_1 C_1 K$ – коефіцієнти.

При збільшенні вологості зернівки значення модулів пружності та міцності оболонок знижується, а значить сухі оболонки міцніші і пружніші, ніж вологі. За вологості 44,0–48,0 % оболонки втрачають пружність, стають пластичними.

На міцність зернівки значний вплив здійснює і температурний режим, особливо за високої вологості. Внаслідок цих впливів прискорюються теплові коливання молекул та послаблюються міжмолекулярні зв'язки між клітинами зернівок, одночасно з цим відбувається наростання пластичної деформації.

Зернова маса, що зберігається за підвищеної температури та вологості, є більш пластичною, а за низької температури та вологості – більш крихкою.

Нагрівання сприяє переміщенню води в зернівці, яка створює підвищений тиск у міжклітинних з'єднаннях, послаблює зв'язки між окремими частинами зернівки, внаслідок чого створюються найбільш сприятливі умови для її пошкодження, тобто сухі зернівки будуть пружинно-крихкі, а вологі – пружинно-пластичні.

За мінусових температур (нижче -10°C) вільна і зв'язуюча волога, яка знаходиться в капілярах і міжклітинних просторах зернівки, замерзаючи та перетворюючись у кригу, розширюючись, розриває та послаблює структурні каркаси, внаслідок опірність всієї зернівки руйнуванню знижується. Більше того, зниження температури призводить до зниження кінетичної енергії поступального руху молекул речовини, знижує їх стійкість і шлях вільного руху, зернівки стають менш в'язкими та пластичними, збільшується їх крихкість. Навпаки, за підвищеної температури зернівки втрачають крихкість, підвищується в'язкість та пластичність, внаслідок чого опірність руйнуванню зростає. Цим можна пояснити той факт, що при обробленні насіння за низьких температур його якість суттєво знижується.

Величина деформації для зернівок жита за однієї вологості та температури більша, ніж для пшениці, а руйнування – менше, тобто зернівки жита мають меншу міцність і є більш пластичними.

У зв'язку зі складністю структури зернівки пшениці ніяка із моделей не може її відобразити, тому що за своїми механічними властивостями зернівка не може бути ні ідеально пружинним тілом, яке підпорядковується закону Гука, ні ідеально в'язко-пластичним, а займає проміжне становище і являє собою пружно-в'язке, або не зовсім пружне, тіло. У зернівці, як у пружно-пластичному тілі, за деформації виникають напруження, які залежать від швидкості, яка їх спричиняє, тобто від характеру дії навантажень. Молекули пружних частин, складових пружно-в'язкого тіла при отриманні або зникненні навантажень намагаються зайняти рівнозважене становище, в чому створюють опір сили внутрішнього молекулярного тертя – в'язкість, тобто це властивість зернівки чинити опір розвитку залишкової деформації внаслідок дії зовнішніх сил.

Релаксація, тобто поступове ослаблення напруженого стану тіла при постійній його деформації, поряд з повзучістю, є однією з важливих структурно-механічних властивостей зернівки. Таке явище можна розглядати як дифузію пружних навантажень, які діють, щоб зменшити вільну енергію тіла до мінімуму. Час протікання релаксації – це такий проміжок, протягом якого

зернівка із нерівно-вагового, напруженого стану переходить у рівноваговий, відновлений. У твердих тілах процес релаксації полягає у поступовому перетіканні в часі пружних деформацій у залишкові, тобто у пластичні, причому зусилля, які необхідні для підтримання в тілі певної деформації, поступово згасають. Кількісна релаксація вимірюється швидкістю «розсмоктування напруженості». Дослідження показують, що зусилля P і деформації ΔL руйнування зернівок при стисканні у різних сортів озимої пшениці, обмолочення яких проведено ручним способом, різноманітні.

Таблиця 1.2

Міцність зернівок різних сортів озимої пшениці

Сорти	Зусилля руйнування, P , н	Деформація руйнування, ΔL , мм
Миронівська 808	149,7	0,19
Миронівська ювілейна	146,5	0,17
Безоста 1	161,3	0,17
Миронівська 69	155,7	0,18

Внаслідок аналізу наведених даних видно, що із досліджуваних сортів найбільша міцність зернівок є у сорту Безоста 1, а найменша – відповідно у сорту Миронівська ювілейна. Деформація руйнування зернівок несуттєва.

Зусилля P та деформація ΔL руйнування зернівок при навантаженнях у різних сортів також різні.

Як уже зазначалося, міцність залежить від попередників, а для виявлення їх впливу на розтріскування зернівок, зусилля та деформації руйнування при стисканні в сівозміні після різних попередників були відібрані колоси озимої пшениці та вимолочені вручну (табл. 1.3).

Зусилля руйнування має обернену закономірність, тому що зернівки, вирощені після такого попередника, як озима пшениця, руйнуються за мінімальних зусиль стискання, а вирощені на чорному парі – за найвищих.

Таблиця 1.3

Вплив попередників на міцність зернівок

Попередники	Тріщини, о/с	Зусилля руйнування, Р, н	Деформація руйнування, ΔL , мм
Озима пшениця	22,5	108,2	0,19
Ячмінь	14,1	123,6	0,18
Горох	12,8	125,0	0,16
Чорний пар	9,5	128,0	0,08

Застосування мінеральних добрив впливає на якісний склад зернівок, що, у свою чергу, не може не впливати і на їх міцність.

Вологість зернівок – один із важливих факторів впливу на їх міцність, а властивість різних їх частин по-різному утримувати вологість призводить до неоднакових лінійних і об'ємних деформацій у суміжних частинах внаслідок різного їх розширення або стиснення, що є причиною виникнення тріщинуватості зернівок. Роль температурного режиму в тому, що за високих його значень швидше зневоднюються оболонки, ніж ендосперм або зародок. У зв'язку зі зниженням вологості оболонок виникає потреба її переміщення із внутрішньої частини зернівки на зовнішню, внаслідок чого виникає напруження та тріщинуватість ендосперму, розтріскування якого викликає механічні пошкодження оболонок зернівок, тому що їх біологічний зв'язок дуже близький і тісний.

Відомо, що під час випадання опадів зернівки інтенсивно, особливо після жаркої погоди, поглинають вологу, внаслідок чого оболонка, зародок і ендосперм наповнюються вологою з різними швидкостями і збільшенням об'єму. Як правило, менший об'єм води, яка поглинається, призводить до підвищення внутрішньої напруги, а остання, у свою чергу, впливає на руйнівні процеси. У зв'язку з тим, що процес насичення вологою зернівок відбувається з

різною швидкістю, проявляються два періоди: спочатку зернівки інтенсивно поглинають вологу, наповнюючи нею оболонки, алеїроновий шар і зародок, де розміщується значна кількість капілярів, пустих місць і пор, а потім протягом певного часу поглинання води призупиняється, в результаті чого вологість зернівки збільшується приблизно на 10 %. Але вода у плодовій оболонці зв'язана зовсім слабо, а тому випаровування її проходить швидко. А насіннева оболонка, на відміну від плодової, утримує вологу разом з алеїроновим шаром і зародком, куди вона швидко проникає і зв'язується зі складовими клітин та органічними речовинами, внаслідок чого оболонки, алеїроновий шар і зародок набухають та збільшуються в об'ємі. Процес поглинання води зернівкою призупиняється після її повного насичення, тобто набухання. У цей період відбувається переміщення її із зародка в ендосперм. Щиток, який розміщується на межі зародка та ендосперму у вигляді витягнутих клітин, виконує функцію передачі води від зародка до ендосперму. В зв'язку з тим, що, як відомо, в ендоспермі немає капілярів, швидкість проходження води невелика, а тому процес поглинання затримується і поверхневі шари певний час зберігають стабільність у забезпеченні водою. Обмежене надходження води в ендосперм пояснюється також високим опором борошністого ядра водопереміщенню. Клітини ендосперму та субалеїронового шару заповнені водою не значною мірою, розташовані поряд з високозабезпеченими водою оболонками, алеїроновим шаром і зародком, створюють великий градієнт водоутримання та небезпечні напруги в тілі зернівки.

При досягненні критичних значень виникають мікротріщини, насамперед в ендоспермі, бо руйнівні зусилля тут значно менші, ніж в інших частинах зернівки. У першу чергу, з'являються радіальні мікротріщини у периферійній частині зернівки в напрямку довжини стінок клітин ендосперму, а також у зоні щитка – переходу від зародка до ендосперму. Через утворені мікротріщини вода швидко проникає в зернівку, після чого проходить набухання білка і крохмалю, а поглинання води зернівкою знову зростає.

Під час нерівномірного набухання білка і крохмалю від зволоження зернівки мікротріщини виникають не тільки вздовж стінок клітин ендосперму, але і всередині клітин у шарі білка, який сполучений з великими крохмальними зернами. В результаті природні зв'язки порушуються, утворюються зсуви в мікроструктурі клітини, з'являються повітряні порожнини-подушки, відбувається руйнування (розрихлення) ендосперму.

Вологовіддача, внаслідок природного дозрівання або сушіння, а також насичення вологою в результаті випадання опадів, призводить до зростання внутрішніх напружень у зернівці, що, безумовно, негативно впливає на її міцність. Необхідно зазначити, що найбільші пошкодження в зоні переходу від зародка до ендосперму, дещо менші в інших частинах зернівки, але при співпаданні у сумарному значенні рівних зовнішніх навантажень призводять до травмування зернівок.

З іншого боку, підвищення вологості зернівок сприяє зниженню пружності та наростанню пластичних властивостей зернівки, опірність яких руйнуванню при ударах у таких випадках зростає. Необхідно зазначити, що наявність води в зернівках є пластифікатором у них, що підвищує опірність руйнуванню.

Академік П. А. Ребендер [281] встановив, що рідина і наявні в ній біологічно-активні речовини просочуються в найтонші тріщини, внаслідок чого стінки тканин не можуть змикатися після зняття навантажень у зв'язку із наявністю прошарку із тоненької плівки із адсорбційного шару, який буде перешкоджати цьому. Навіть невидимі, дуже тонкі, тріщини відіграють суттєву роль у зниженні міцності зернівок, внаслідок чого залишкова тріщинуватість сильно збільшується, але вплив вологи виявляється не надто значним і перекривається підвищенням опору зернівок руйнуванню за рахунок пластичності оболонок.

У тому випадку, коли температура насіння мінусова, вільна і зв'язувальна волога, що завжди є в порах, капілярах і міжклітинних утвореннях, перетворюється в лід, розширюється та розхитує структурний каркас зернівки, чим значно послаблює зв'язки між усіма її частинами.

Поряд з цим, зниження температури впливає на зменшення кінетичної енергії поступального руху молекул речовин, знижує їх швидкість та довжину вільного шляху, внаслідок чого зернівки стають менш в'язкими та пластичними, а також підвищується їх крихкість. Сумарний вплив цих однозначно діючих чинників (розхитування структури і підвищення крихкості зернівок) зумовлює зменшення їх опірності руйнуванню, і навпаки, внаслідок зростання температури зернівки стають більш в'язкими та пластичними.

Отже, знаючи механіко-технологічні властивості зернової маси, шарів зернівок та їх компонентів, можна виявляти їх вплив на міцність зернівок, а значить на пошкодження, травмування та якісні продовольчі і насіннєві показники.

1.2. Агрономічні та стандартні вимоги до якості насіння і головні фактори та причини зниження показників якості

Зерно пшениці, жита та інших зернових відноситься до найважливіших цінних та вкрай необхідних для життя і здоров'я людини продовольчих культур, адже вони є головними продуктами харчування у понад 45 країн світу із загальною кількістю населення більше 1 млрд чоловік. Висока цінність цих культур визначається тим, що у хімічний склад зернівки входять усі елементи, необхідні для харчування людини та підтримання її органів у здоровому стані. Це – білки, вуглеводи, жири, вітаміни, ферменти та мінеральні речовини.

Відомо, що будь-який сорт без застосування відповідної до його особливостей технології вирощування не буде забезпечувати бажаної продуктивності, а технології, у свою чергу, розпочинаються з насіння.

Незважаючи на те, що районування сортів «Українка», «Миронівська-808», «Одеська-50» проходило ще у 30-х та 70-х роках минулого століття, вони є еталоном щодо нових сортів, їх технологічних та якісних характеристик.

Важливими умовами застосування будь-яких агротехнологій є обов'язкове впровадження і використання елементів і заходів, пов'язаних ботанічними характеристиками, біологічними, механіко-технологічними і сортовими особливостями озимих та ярих зернових, а також післязбирального дороблення

зернового вороху, сортування і калібрування насіння, створення оптимальних умов проростання, кущення, забезпечення необхідної площі живлення після сівби, своєчасне утворення розвиненої вторинної кореневої системи, застосування ефективного захисту від шкідників і хвороб.

При обробленні зернового вороху та підготовленні насіння необхідно визначати його схожість, життєздатність та енергію проростання, силу початкового росту тощо.

Під час визначення лабораторної схожості різних фракцій пшениці та жита різниця у показниках спостерігається несуттєва, а у польових умовах після сівби вона знижується до 15–20 %.

Виповнення, дозрівання та життєздатність вища у тих зернівок, які розміщені в середній частині колосся, бо тут насіння утворюється і розвивається швидше, що значно краще впливає на його якісні показники і на життєздатність, що важливо при розрахунках норм висіву насіння.

Енергія проростання, яка визначається за кількістю нормально пророслого насіння за певний період (для пшениці це становить 72 години), не повинна бути меншою 95 %. Сила початкового росту характеризується тиском у кг/г насіння, що розвиває паростки, які виходять на поверхню ґрунту через 7–8 днів за температури 20° С через фільтрувальний папір і вологий пісок товщиною до 30 см. Тому цей показник вважається близьким до польової схожості, а зниження його до 85 % призводить до непридатності насіння до посіву. Якщо енергія проростання характеризує фізіологічну зрілість насіння, то одночасність і рівномірність появи зародкових корінців, тобто здатність дружного проростання, характеризує потенційні можливості забезпечення оптимальних сходів. Різниця за показниками енергії і здатності проростання зернівки повинна перебувати у межах 1–23 %, а якщо вона більша, за відсутності травмування зародка, то це, насамперед, свідчить про незавершення післязбирального дозрівання насіння. Слід також зазначити, що цей фактор, через його складність, найменше враховується наразі у виробництві.

Деяким сортам пшениці достатньо близько 10 днів для відновлення енергії проростання на рівні 75–95 %. Це сорти з коротким періодом післязбирального

дозрівання, до яких відносяться окремі сорти Миронівського інституту селекції і насінництва пшениці. Але є такі сорти пшениці, для яких інколи недостатньо навіть 30–40 днів для відновлення необхідних високих показників насіннєвої якості.

Певна група сортів озимої пшениці має суттєві недоліки, які заважають отримувати високоякісне насіння через негативний вплив несприятливих (дощових) погодних умов при збиранні, внаслідок чого зернівки проростають у колосі, а в полеглий хлібній масі або у покосах зерно наключується від рясної роси через низький вміст природних інгібіторів, але це, в першу чергу, сортова ознака. У сортів, здатних до проростання протягом 8–10 годин, наводненості зародка зернівки, її щиток починає виробляти фітогормон гібберелін, який сприяє синтезу гідролітичного ферменту амілази, що надходить до амбромового шару та активізує синтез інших ферментних утворень і цукру з крохмалю ендосперму. Ці продукти, надходячи до зародка в сукупності з іншими ферментами, вітамінами та речовинами, сприяють наключенню зародка і утворенню паростка рослини. Для недопущення виникнення таких небажаних явищ одним з дієвих і практично застосовуваних способів попередження цього процесу є застосування десикантів за певний період до обмолочування зернової культури, що забезпечує підсушування рослин і зернівок на корені посіву.

Як відомо, протягом останніх років агровиробники змушені проводити збирання озимої пшениці, жита та інших зернових з використанням застарілих зразків технічних засобів, особливо комбайнів, що значно збільшує строки обмолочування і значною мірою позначається на якості продовольчого зерна та, особливо, насіння.

В останні роки особливі екстремальні умови через високі температури та вологість при збиранні (2010–2011 рр.) та через критично низькі температури у зимовий період (2012 р.) як у центральній частині Лісостепу, так і на Поліссі України, не кажучи вже про західні регіони країни, впливали на збирання озимої пшениці і жита, воно затягувалося до середини серпня, а сівбу необхідно проводити всередині вересня.

Затягування строків збирання призводить до значних 20–30 % і більше втрат вирощеного врожаю, а погіршення продовольчих і насінневих якостей зернової маси отримуємо внаслідок перестоювання і перезволоження посівів, мікротравмованості зернівок при обмолочуванні та післязбиральному обробленні зернового вороху і негативному впливу мікроорганізмів.

Дані досліджень показують, що травмування зернівок та їх пошкодження мікроорганізмами при збиранні і післязбиральному доробленні в окремі роки сягає 40–50 % і навіть значно більше. Зважаючи на твердження, що 1 % травмованості зарodka знижує схожість також на 1 %, стає очевидним, чому від посіву до сходів у деяких випадках не проростає 20–25 % і більше висіяного насіння, вартість якого в межах країни виливається в сотні мільйонів гривень, не враховуючи всіх інших організаційно-технічних витрат, пов'язаних з підготовленням насіння до сівби.

У більшості випадків в умовах виробництва сівба неякісним насінням перебивається підвищеними нормами висіву, внаслідок чого на кожні 1000 гектарів посіву пшениці витрачається близько 80–100 тонн насіння, що становить близько 250–300 тис. грн.

Для доведення товарного зерна та насіннєвого матеріалу до необхідних кондицій (згідно з державними стандартами) необхідно правильно застосувати способи та системи технологічного обладнання, машини і механізми стосовно умов і структури зернового вороху, який потрапляє з бункера комбайна на тік. Відомо, що така зернова суміш містить багато різноманітних домішок органічного і неорганічного складу та значну кількість вологих забруднювачів. Несвоєчасне і неякісне очищення такої зернової маси призводить до різкого і швидкого підвищення її вологості та температури. А внаслідок виділення додаткового тепла під час інтенсивного дихання вся маса самозігрівається, прискорюється життєдіяльність різних мікроорганізмів, у результаті зернівки псуються, що призводить до значного погіршення їх продовольчих та насінневих показників якості.

Технологічний процес очищення зернового вороху відбувається на основі різниці фізико-механічних ознак за аеродинамічними властивостями складових зернової суміші, основні з яких такі: розміри частин суміші, товщина і ширина, властивості поверхні, питома вага, форма, колір тощо.

Якість товарного, продовольчого зерна та насіння повинна відповідати ваговим і вимірювальним параметрам відповідно до агрономічних вимог та базисних кондицій згідно з державними стандартами.

Дочірнім підприємством Державної акціонерної компанії «Хліб України», Київським інститутом хлібопродуктів, Інститутом рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, Миронівським інститутом пшениці ім. В. М. Ремесла НААН, згідно з наказом Держспоживстандарту України, прийнято ДСТУ 3768-98 та розроблено інші державні стандарти, головним завданням яких є забезпечення конкурентоспроможності вітчизняної зернової продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках та дотримання вимог підготовки високоякісного насіння.

До них відносяться стандарти ДСТУ 2422–94 «Зерно заготівельне і постачальне»; ДСТУ 3355–96 «Продукція сільськогосподарська рослинна»; ДСТУ Е№12955–2001 «Продукти харчові»; ДСТУ–П–4117–2002, «Зерно і продукти його переробки», а також ГОСТ 30498–97 (ИСО 3093–82)», «Зерновые культуры».

Терміни і відповідні їм визначення використані у цих стандартах згідно з ДСТУ–2422 та чинними в Україні документами, а показники якості – згідно з ДСТУ –3768–2010 (табл. 1.4).

За післязбирального оброблення насіння контролюють і визначають наступні основні показники якості: схожість, вологість, енергію проростання, чистоту, наявність насіння інших культур, рослин і бур'янів, наявність якісного насіння у відходах, подрібнення, мікротравмування, пошкодження мікроорганізмами, масу 1000 зерен, натуру, склоподібність, лабораторну схожість тощо.

Таблиця 1.4

Показники якості насіння пшениці

Показники	Норми за групами і класами					
	А			Б		
1	2	3	4	5	6	7
Натура, г/л, не менше	760	740	730	710	690	не обмежено
Скловидність, %, не менше	50	40	не обмежено			
Вологість, %, не більше,	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Зернова домішка, %	5,0	8,0	8,0	10,0	12,0	15,0
подрібнені зернівки	5,0	5,0	5,0	у межах зернової суміші		
зерна злакові	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	у межах суміші
пророслі зерна	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0	у межах зернової суміші
змішана добавка,%,	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	5,0
в т. ч.: мінеральна	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0
шлак, щебінь, руда	0,15	0,15	0,2	0,15	0,2	у межах суміші
Зіпсовані зерна,	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	1,0
в т. ч.: фузаріозні	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0
Шкідливі домішки,	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5
в т. ч.: сажка	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
кукіль	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5
токсичне насіння	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
сажкові зерна, %	5,0	5,0	8,0	5,0	8,0	10,0

Закінчення таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
Масова частка білка	14,0	12,5	11,0	12,5	10,5	не обмежено
Частка клейковини, %	28,0	23,0	18,0			не обмежено
Група клейковини	I–II	I–II	I–II			не обмежено
Одиниці ВДК	45–100	45–100	20–100			не обмежено
Число падіння, с	220	180	150	150	130	не обмежено

Показники якості насіння і його категорії визначаються і регламентуються державним стандартом України – ДСТУ 2240-93, який затверджено і введено в дію наказом Держстандарту України № 126 від 09.09.1993 р.

Норми сортових та посівних якостей насіння диференціюються згідно з його призначеннями та напрямками насінництва.

Насіння являє собою складні живі системи, продуктивні та посівні якості яких визначаються значною кількістю різноманітних факторів, що мають різні фізичні, механічні та біологічні особливості, а тому ці відмінності називають *різноманітністю*, що проявляється у різних формах.

Надзвичайно велике значення, з точки зору отримання найбажанішого виробничого результату, через який і проводиться вся величезна робота щодо вивчення та визначення всіх цих показників, є, безперечно, польова схожість, яка, у першу чергу, на основі наявності розглянутих високих показників якості зернівок, залежить від агротехнологічних факторів, в тому числі структурності ґрунту, його вологості, розміщення, глибини загортання, системи удобрення та в цілому родючості ґрунту тощо. Поряд з цим, на якість продовольчого зерна і насінного матеріалу протягом вегетаційного і виробничого процесу значний

вплив здійснюють погодно-кліматичні умови, догляд за рослинами, процес дозрівання, організація збирання врожаю, а також його дооброблення після обмолочування культури, тобто його переміщення, перекидання, транспортування, очищення, підсушування, калібрування, зберігання та виконання різних операцій при обмолоті та сівбі.

На цьому довгому і складному шляху різноманітних механічних впливів на зернівку дуже важливо постійно контролювати та здійснювати всі необхідні заходи для виключення або мінімізації її травмування. Адже саме травмування призводить до різних та значних погіршень якості зерна і насіння, а інколи – повної втрати технологічних, хлібопекарських і посівних якостей.

Вплив на кількість та якість будь-якої сільськогосподарської продукції, в тому числі насіння зернових культур, здійснюють різні агроекологічні чинники навколишнього середовища, а також використання застарілих технологій, порушення існуючих і незастосування новітніх систем ведення агрозаходів, використання неправильних сівозмін, органічних і мінеральних добрив, науково необґрунтована і не зовсім вивчена система застосування отрутохімikatів, гербіцидів, протруювачів, мінеральних добрив та багато інших факторів.

Зменшення родючості ґрунту, забруднення атмосфери та води у поєднанні з природно-кліматичними умовами також мають свій негативний вплив на отримання неякісної продукції.

При надходженні зернового вороху на тік після збирання, у зв'язку із зовнішніми та внутрішніми факторами і, насамперед, погодно-кліматичними і ґрунтовими умовами, біологічними і агротехнічними особливостями, нерівномірним дозріванням основних стебел, додаткових підгонів, засмічувачів – бур'янів тощо, вологість окремих зернівок коливається в дуже широкому діапазоні – від 10 до 50 %. Якщо вологість зерна основної культури становить 16 %, то насіння бур'янів досягає 70 %, а при зберіганні з насінням зернової культури (навіть нетривалий період) воно швидко передається до зернівок, внаслідок чого загальна вологість збільшується. Зрозуміло, що в цьому випадку виникає

самозігрівання, що спричинює виникнення і активізацію дій мікроорганізмів, а в результаті – псування, погіршення якісних і врожайних показників.

Однією з надзвичайно важливих властивостей зернівок є їх гігроскопічність, тобто здатність при зіткненні з повітрям певної вологості поглинати або віддавати воду, що зазвичай залежить від вологості самої зернівки, а також від сортових та біологічних особливостей. У вологого зерна може відбуватися швидка дифузія водяних шарів від зерна до повітря, але якщо вологість нижча 22 %, то починають діяти водоутримувальні зв'язки зернівки. У цьому випадку віддача води тим складніша, чим краще підсушене зерно, адже воно з більшою силою чинить опір дифузії водяних парів, тому що зі зниженням вологості його гігроскопічність зростає і на переміщення вологи із внутрішніх шарів зернівки до його поверхні потрібно значно більше енергії та часу. А коли сире зерно оточується сухим повітрям, то воно зазвичай підсушується в результаті руху повітря, у іншому випадку відбувається зворотний процес, який продовжується до того часу, поки не настане рівнозважена вологість зернівки.

Рівнозважена вологість – це стійка гранична вологість, до якої прагне зерно при даній відносній вологості і температурі повітря.

Проте якщо зернова маса розміщується в нерухомому повітрі, то навколо нього утворюється оболонка, яка насичена водяними парами, що заважає подальшому випаровуванню вологи.

Якщо відносна вологість під час збирання хлібів коливається в межах 80–85 %, то при застосуванні вентиляції зовнішнім повітрям неможливо знизити вологість зерна пшениці до кондиційного значення 14 %, тому що для цього потрібне повітря з відносною вологістю близько 70 %. Для досягнення такої вологості повітря його необхідно нагрівати, а в результаті і збільшиться швидкість підсушування.

Здатність повітря поглинати вологу значною мірою залежить і від рівня його температури, тобто кількість вологи, яка може бути поглинута із зерна повітрям, збільшується із підвищенням його температури. При підсушуванні теплим або нагрітим повітрям зерно потрапляє під позитивний вплив з низькою відносною

вологістю. Швидкість підсушування окремих зернівок визначається кількістю вологи, забраної із них за одиницю часу.

Не слід забувати також про використання найпростішого повітряно-сонячного сушіння, яке можна успішно застосовувати в суху і ясну погоду на майданчиках з твердим покриттям. Для цього зерновий ворох, залежно від його зволоження, розсипають шаром товщиною 100–150 мм і, якщо протягом сонячних сприятливих погодних умов дня є можливість цей шар ще легенько перелопатити дерев'яними знаряддями, то вологість зернівок може знизитися на 3–4 % або навіть більше. Внаслідок такого сонячного підсушування природним шляхом повністю зберігаються високі насінневі якості, прискорюється процес післязбирального дозрівання, зменшується зараженість шкідниками і хворобами, а також є певний економічно фінансовий ефект.

Відомо, що дозрівання природним шляхом може продовжуватися, залежно від багатьох інших факторів, протягом 2–3 місяців, а при підсушуванні насіння таким повітрям цей процес скорочується до 2–3 тижнів. Навіть недостатньо дозрілі, виповнені і сформовані зернівки після такого підсушування підвищують схожість внаслідок прискореного завершення дозрівання після обмолочування.

Існує дві думки щодо природи утворення тріщин у зернівках хлібних злаків.

Одні дослідники вважають, що у таких культур, як зернобобові, соняшник та інші, оболонки волого- і паронепроникні, а тому при швидкому нагріванні під ними конденсуються водяні пари, створюючи таким чином тиск, який призводить до розривання оболонок і утворення тріщин.

Інші дослідники причини утворення тріщин бачать у різній системі просідання оболонок і ядра під час просушування, вважаючи, що, внаслідок високої вологості, підсушування оболонки відбувається значно швидше, ніж у ядра, від чого вона, зсихаючись, відокремлюється від внутрішніх перенапруг, що призводить до її розриву або утворення тріщин.

Тому, найбільш імовірно, що під час різкої інтенсифікації процесу нагрівання швидке зниження вологості оболонок спричиняє їх пересушування і може бути

основною причиною нерівномірного висихання по перетину зернівки, що створить внутрішнє напруження.

Таким чином, процес підсушування зерна лімітується можливостями внутрішнього перенесення вологи. За можливості бажано було б домагатися певної відповідності між інтенсивністю зовнішнього і внутрішнього перенесення вологи, але це буде призводити до збільшення тривалості проходження процесу.

Найбільш чутливі до нагрівання білкові утворення в зернівках, які зосереджені в зародку та ендоспермі. Саме денатурація білків призводить до зниження енергії проростання і схожості насіння. Фаза активності ферментів перебуває також у певній залежності від ступеня денатурації білків зародка та ендосперму, які, крім температури, залежать від його вологості, тривалості нагрівання, а також від структури і складу білків.

Найбільш чутливим до підвищення температури є білок зародка, який змінює свої властивості вже за нагрівання до 40 °C, а для зміни білка ендосперму необхідна температура понад 50 °C. Безводний білок не потрапляє під денатурацію, навіть при збільшенні температури до 100 °C.

Отже, з метою збереження показників якості насіння, зернову масу не можна нагрівати більше 40 °C.

Інші компоненти зернівки – крохмаль та жири – більш стійкі до нагрівання і можуть змінювати свої властивості за високих температур нагрівання (понад 100 °C і тільки за наявності надлишкової кількості вологи, а за її нестачі термостійкість зернівки значно зростає). Під термостійкістю в даному випадку слід розуміти здатність зерна зберігати насіннєві і продовольчі якісні показники від впливу відносно високих температур.

Таким чином, рівномірне нагрівання зернової маси за мінімального випаровування є однією із головних умов, яка забезпечуватиме зростання коефіцієнта дифузії вологи в зернівці, що сприятиме збільшенню швидкості висушування з одночасним покращенням якості процесу. Досягти цього становища можливо за допомоги переміщення та перемішування матеріалу протягом проходження технологічного процесу. Температура нагрівання зернової маси має прямий вплив на якісні показники.

1.3. Технологічні та біологічні особливості травмування насіння зернових культур різними технічними та технологічними засобами їх оброблення

1.3.1. Комбайни для збирання урожаю, на яких проводилися дослідження

Одним з основних напрямків збільшення виробництва зерна та покращення якості насіння є зниження втрат і вдосконалення роботи робочих елементів комбайнів при збиранні зернових культур.

Але в більшості випадків це зводиться до ускладнення базових конструкцій, зростання габаритних розмірів та непринципових змін роботи молотильного апарата, від позитивної роботи якого залежить ефективне функціонування сепарувальних систем і якість роботи машини.

За багато десятиків років барабанний молотильний апарат не зазнав суттєвих конструкційних змін, за винятком того, що за останні роки почали обмежено і повільно застосовуватися аксіально-роторні апарати.

Через це початкові дані природи цих процесів залишилися довгий час фундаментом, на якому будувалися відомі теоретичні обґрунтування у працях В. П. Горячкіна [49], М. Н. Летошнєва [338], П. М. Василенка [26], П. М. Заїки [142, 144, 145], М. А. Пустигіна [275, 276, 277], В. Г. Антипіна [11], L. Caspers [348, 349] та інших, які внесли значний вклад у розвиток землеробської механіки.

Удосконалення і доповнення природи взаємодії робочих органів молотильного апарата із зерновим ворохом проводилися у дослідженнях П. М. Василенка [37], С. А. Алфєрова [4, 5, 6], Г. И Дзодцєва [119], Г. О. Кузіна [207–219], W. E. Fischer [358], С. Kanafask [361], A. R. Mahmud [367], J. Paulitr, Y. Miva, M. Ther, W. Thumer, J. Paulitr, K. P. Satruze, J. R. Trollope [370, 373, 376, 377, 378] та інших, що допомогло Е. І. Ліпковичу [220, 221] та М. І. Кленіну [185–187] із різних позицій узагальнити накопичений матеріал, а також до цього долучилися й інші автори [221, 222, 223].

Але з часом почали з'являтися нові дослідження про структуру зернового вороху, рослинної маси і закономірностях деформації, пошкодження та руху її компонентів у молотильному барабані, які відображенні у роботах М. І. Кленіна [185–187], З. І. Воцького [33–35] А. І. Гетьманова [39–40], В. Г. Антипіна [1], О. П. Тарасенка [307] та інших дослідників.

Виникає потреба моделювання технології обмолочування з інших позицій, відмінних від схемних рішень та раціональних змін габаритних розмірів збільшення діаметра молотильного барабана, кута охоплення підбарабання, збільшення довжини соломотряса, ширини молотарки та інше, а також пошуку кращих режимів функціонування робочих органів, нові пошуки пов'язані із переглядом, віднайденням нових технологічних закономірностей, побудованих на взаємодії компонентів вороху з робочими поверхнями молотарки.

При проведенні нових досліджень бажано було б віднайти можливість заглибитися у суть процесу обмолочування та за рахунок виявлення нових технологічних особливостей змінити процеси у молотильному барабані з метою підвищення його агротехнічних характеристик, а також усього зернозбирального комбайна.

Головним завданням молотильного апарата є вимолочування зернівок із колосків і направлення всієї солом'яно-зернової маси на зерноочисні та сепарувальні поверхні.

Молотильні агрегати, відповідно до конструкції, поділяються на бильні, штифтові та комбіновані.

Двобарабанні та одnobарабанні – бильні апарати. У комбінованих апаратах другий барабан бильний, а перший – штифтовий, він встановлюється у поперечному напрямку до поздовжньої осі молотарки, а бильні – у поперечному і також в осьовому напрямках, тобто аксіально-роторні. Наприклад, фірма “John Deere” пропонує високопродуктивні комбайни серії STS з економним обмолотом завдяки кулеподібному ротору, що вважається наразі лідером технології сепарації зерна на ринку, який і використовувався при дослідженнях (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Комбайн “John Deere” серії STS.

Комбайни фірми «John-Deere» обладнуються двома молотильними барабанами, перший має діаметр 660 мм, а другий – 450 мм, а також комбайни цієї фірми серії STS, обладнані кулеподібним ротором, що є лідером технології сепарації на зерновому ринку.

Подаємо деякі робочі органи та схеми комбайнів «Славутич», «Дон-1500Б», «Лан», «Єнісей 1200», «Обрій», СК-5М та інших барабанного і аксіально-роторного молотильно-сепаруючих типів, які використовувалися на збиранні озимих культур у ґрунтово-кліматичних зонах Полісся і Лісостепу України, де проводились експериментальні дослідження протягом 2009–2013 років (рис. 1.3.–1.7).

Аксіально-роторні молотильно-сепаруючі пристрої проводять обмолот хлібної маси з повздовжнім переміщенням її в молотильному апараті, який у комбайна КЗСР-9М «Славутич» складається з циліндричного корпусу (кожуха) і ротора (рис. 1.8).

Ротор являє собою пустотілий циліндр з розміщеними в передній частині лопатями у формі криволінійних рифлень, короткими і гладенькими прямолінійними билами, а в задній його частині закріплені планки та обертаються на валу, який встановлений на підшипниках у кожусі.

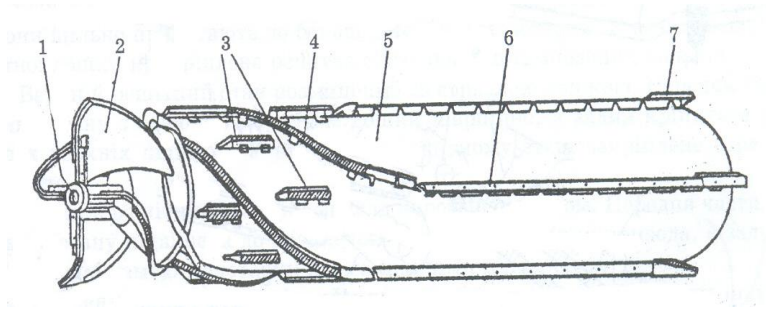


Рис. 1.8. Ротор молотильно-сепаруючого пристрою:

1 – вал; 2 – лопать; 3 – прямолінійні рифлені била; 4 – криволінійне рифлене било; 5 – циліндр; 6 – прямолінійне гладке било; 7 – планка.

При виконанні технологічного процесу обмолочування внаслідок обертання ротора лопаті захоплюють хлібну масу і спрямовують у зазор між ротором і підбарабанням, а внаслідок ударів бичів ротора по хлібній масі вона протягується між зазорами ротора і підбарабання. Дрібний ворох проходить крізь решітки підбарабання і потрапляє на стрясну дошку. Грубий ворох переміщується до сепаруючої частини кожуха, на цьому шляху проходить завершення виділення дрібного вороху, а солома виштовхується ротором через вікно кожуха назовні.

Від конструктивних параметрів жатки, молотильно-сепарувального пристрою, очистки, соломотряса, шнеків та інших агрегатів комбайна, особливостей їх компонування, загального і взаємного розміщення, матеріалів виготовлення та регулювання значною мірою залежить рівень травмування зернівок, що на пряму визначатиме якісні показники зерна на потреби продовольства та насіння.

На рисунках 1.9. – 1.13 подані зернові комбайни, на яких проводилися дослідження, і новітні вітчизняні та зарубіжні зразки.



Рис. 1.9



Рис. 1.10



Рис. 1.11



Рис. 1.12



Рис. 1.13

1.3.2. Насіннеочисні машини та технологічні лінії, на яких проводилося підготовлення насіння після збирання зернових культур

Для одержання високої якості товарного і продовольчого зерна та насіння при надходженні зернового вороху від комбайна у багатьох сільськогосподарських підприємствах України, в тому числі у ФП «Стецівське» Черкаської області, де проводилися виробничі дослідження, його оброблення проводили на технологічних лініях зерноочисного агрегату ЗАВ-20.

На сільськогосподарських підприємствах «Маяк» Вінницької області, ФП «Стецівське» Черкаської області та ТОВ «Архат» Житомирської області, де проводилися дослідження, для підготовлення насіння використовуються також повітряно-ремінні насіннеочисні машини ОВС-25, СМ-4А та ОВП-20.

Вивчення впливу технологічних процесів на травмування та якість насіння озимої пшениці при очистці на насіннеочисному заводі «Petkus» проводилося в ПСП «Україна» Житомирської області.

Завод складається з приймального відділення – завантажувальна яма, первинного обробітку зернової маси, зберігання в зернових силосах – банках, вторинної очистки, протруювання і затарювання насіння (рис. 1.4. Технологічна схема насінневого заводу).

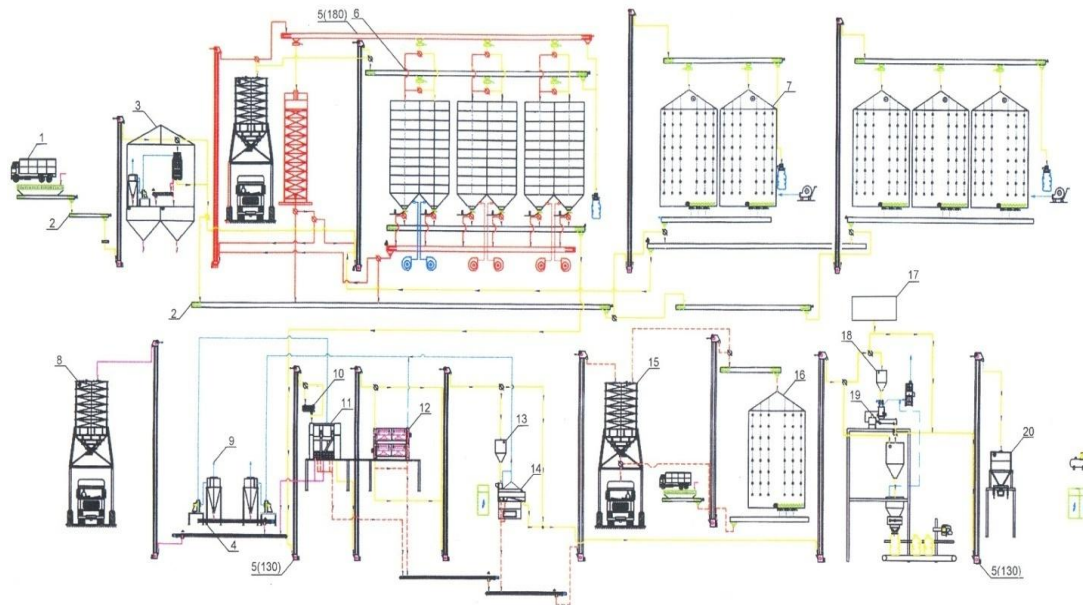


Рис. 1.14. Технологічна схема насінневого заводу «Petkus»:

- 1 – завантажувальна яма; 2 – скребковий транспортер KF-250; 3 – універсальна зерноочисна машина U80-12G; 4 – гвинтовий конвеєр; 5 – норія BE-180, BE-130; 6 – великі силосні установки; 7 – малі силосні установки; 8 – устаткування для мертвих відходів; 9 – циклон для очищення; 10 – шасгалка K-321; 11 – універсальна зерноочисна машина U80-15G; 12 – трієрний блок ТА-0,1; 13 – силосонакопичувач-розподільник; 14 – пневмостіл KD-400; 15 – пристосування для зерновідходів; 16 – силос для зерновідходів; 17 – фотосепаратор Sortex Z-2B; 18 – силосонакопичувач для протруювача; 19 – протруювач CN-100; 20 – пристосування для заважування мішків «Big-Bag».

До складу приймального відділення входить завантажувальна яма зі стрічковим транспортером KF-250 і норією BE-180 для подачі зернової маси для первинного очищення в універсальну повітряно-решітну зерноочисну машину U80-12G, з якої трубопроводом і норією зерно подається на зберігання, де працює вентилятор з циклоном для очищення використаного повітря.

Комплект механізмів для зберігання складається із норії, яка передає зернову масу на стрічковий транспортер, двох рядів силосів для зберігання насіння після первинного очищення, а також силосів для зберігання підготовленого насіння із вмонтованими галереями стрічкових транспортерів з верхніми завантажувальними пристроями та нижніми розвантажувальними, а також транспортерами для подачі в норію БЕ-130, яка підніматиме масу на наступне очищення машиною U80-15G, перед якою розміщена шасталка К-321, після цього насіння норією БЕ-130 подається до трієрного блока ТА-01.

Після очищення в трієрному блоці насіння направляється в норію і далі – до пневмостола КД-400, над яким встановлений компенсаційний бункер. Перед пневмостолом розміщений розподільник, який може направляти насіннєву масу або на пневмостіл, або норією і транспортерами у відділення протруєння на зважування.

Для очищення відпрацьованого повітря при роботі зерноочисних машин встановлено вентилятор з циклонами.

Після очищення на пневмостолі підготовлене насіння норією БЕ-130 довжиною 13 м подається до протруювача СТ-100, перед яким встановлено двомодульний фотосепаратор Sortex Z-2B, який відбирає та калібрує насіння за кольором.

Після протруєння насіння, проходячи через пристосування наповнення і зважування мішків «Big-Bag» тарою 50 кг та 800–1000 кг, завантажуються в транспортні засоби або в склади для зберігання.

Зерновідходи шнековими транспортерами та норією подаються у великий силос із розвантажувальним відділенням для накопичення і подальшого використання.

Виробничі дослідження впливу технологічного процесу на якість підготовки насіння озимої пшениці проводилися в СВК «Маяк» на вібровідцентровому сепараторі Р8-БЦСМ-25 (рис. 1. 15) та зерноочисній машині ОВС-25.

Комплекс експериментальних і лабораторних досліджень щодо впливу травмувань на якість зернівок і у подальшому – на урожайність різних сортів

озимої пшениці та жита на всіх стадіях виробничо-технологічних процесів збирання зерновими комбайнами зарубіжного і вітчизняного виробництва, післязбирального оброблення і підготовлення зернового вороху та насіння різними транспортувальними робочими елементами при переміщеннях, завантаженнях, розвантаженнях, протруєнні та сівбі проводився у п'яти господарствах Лісостепу і Полісся країни, але проведення комплексних експериментальних, виробничих і лабораторних досліджень виконувалося у СВК «Маяк» Вінницької області на озимій пшениці сорту Одеська-237, збирання якої проводилося комбайнами «Дон-1500Б» та «John Deere», післязбиральне оброблення і підготовлення насіння – на вібровідцентровому зерноочисному сепараторі БЦСМ-25 (рис. 1.15) та зерноочисній машині ОВС-25, а сівба – зерновими сівалками СЗ-3,6.

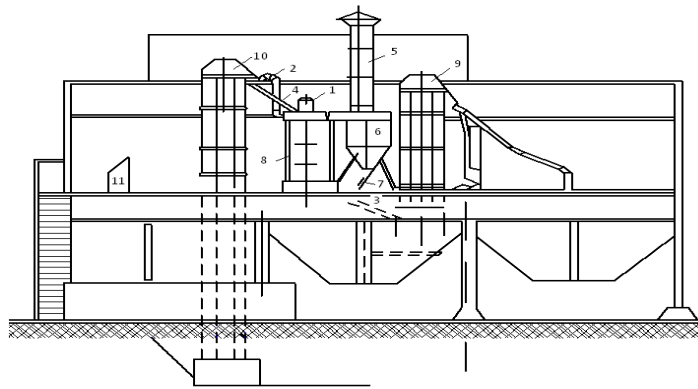


Рис. 1.15. Технологічна схема очищення зернового вороху на вібросепараторі:

- 1 – вентилятор; 2 – зернопровід; 3 – зернопровід очищеного зерна;
- 4 – зернопровід; 5 – трубопровід з ковпаком; 6 – пиловловлювач;
- 7 – трубопровід для пилу; 8 – корпус сепаратора; 9 – норія проміжна;
- 10 – завантажувальна яма; 11 – пульт управління.

1.3.3. Технічні засоби для протруювання насіння

У новітніх системах високоінтенсивних технологій вирощування високих урожаїв зернових культур, і особливо озимої пшениці як найбільш високоврожайної та цінної продовольчої культури, застосовують агротехнічні,

біологічні, хімічні та інші заходи боротьби з хворобами, бур'янами і шкідниками, серед яких за ефективністю та об'ємом запровадження протягом останніх десятиліть у світовому аграрному виробництві, а також в Україні хімічним було надано пріоритетне значення. Незважаючи на значні ускладнення, пов'язані з екологічними проблемами довкілля, наразі застосування агрохімікатів при вирощуванні сільськогосподарських культур перебуває на високому рівні саме через швидку та високу ефективність у досягненні заданого результату.

Одним з основних способів знезаражування насіння, що полягає в його протруюванні як одній із важливих технологічних операцій підготовки насіння перед сівбою, є хімічне застосування цієї технологічної операції, що дає можливість захистити рослини під час сходів, тобто молоді рослини, та на стадіях вегетації від насіннєвих, ґрунтових і аерогенних збудників інфекцій, яких на посівах зернових нараховується величезна кількість, тобто декілька сотень видів.

Для оброблення озимої пшениці та жита у господарствах, де проводилися дослідження, застосували протруювачі ПС-10А, ПК-20 «Супер», ПС-3 та СТ2-10 «Petkus», СТ-100 «Petkus».

Протруювач камерного типу ПК-20 «Супер» українського виробництва «Львівагромаш» використовується для зволоженого протруювання насіння зернових, бобових і технічних культур водними розчинами суспензій пестицидів та інших необхідних компонентів, запланованих для виготовлення сумішей (рис. 1.16).

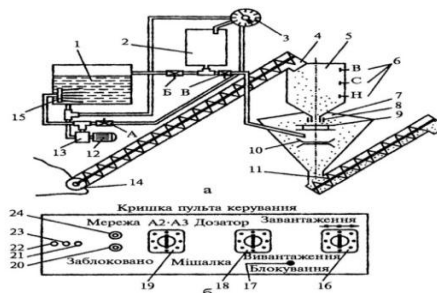


Рис. 1.16. Схема протруювача ПК-20:

а – технологічна схема; б – схема пульту керування.

Даний протруювач – це автоматичний самопересувний технічний засіб з приводом усіх механізмів від електродвигуна загальною потужністю 5 кВт.

Хімічні характеристики протруювачів СТ-2-10, СТ-5-25 та СТ-100 відрізняються максимальною продуктивністю при протруюванні насіння в межах

10, 25 та 100 тонн і відповідною масою, розмірами та числом обертів змішувача і диска розподілення насіння, а також потужністю електрообладнання. Вони використовуються для протруювання будь-якого насіння зернових культур з використанням рідких протруювачів та їх різних суспензій.

Одним з головних та надзвичайно важливих недоліків розглянутих і використовуваних протруювачів у більшості господарств країни, а також там, де проводилися експериментальні виробничі дослідження, є травмування зернівок, що суттєво впливає на польову схожість, густоту посівів та їх урожайність, це підтверджено дослідженнями.

1.3.4. Механізми для транспортування та завантаження насіння

Після надходження зернового вороху від зернозбиральних комбайнів з поля на тік, внаслідок організаційних або технічних затримок очищення, на певний час виникає необхідність його перелопачування, перекидання, формування буртів, вентилявання, виконання навантажувально-розвантажувальних робіт тощо.

У господарствах, де проводилися експериментальні виробничі дослідження, та на інших підприємствах застосовуються зернонавантажувачі ЗМ-60А, які використовуються для навантажувально-розвантажувальних робіт у зерноскладах та на відкритих площадках. Останнім часом потужними сільськогосподарськими підприємствами країни використовуються більш удосконалені та потужніші зернонавантажувачі ПЗМ-80 і ЗПС-100А.

У зв'язку з тим, що для транспортування та завантаження зернового вороху і насіння такими механізмами застосовуються транспортери, де відбуваються контакти зернівок між собою та робочими елементами механізмів і виникають різного ступеня травмування, було проведено дослідження їх впливу на якість насіння озимих зернових культур.

Дослідження транспортування та завантаження насіння проводилися технічними засобами і технологічними лініями, що включають скребкові, шнекові та стрічкові транспортери.

1.3.5. Зернопосівні агрегати

Широкого застосування на виробництві набули зернотукові сівалки вітчизняного виробництва, призначені для сівби насіння зернових та інших культур з одночасним внесенням мінеральних добрив сімейства СЗ - 3,6А, СЗ-5,4 та їх модифікації (рис. 1.17).

Основним постачальником таких сівалок в Україні є потужне машинобудівне підприємство «Червона зірка», м. Кропивницький.

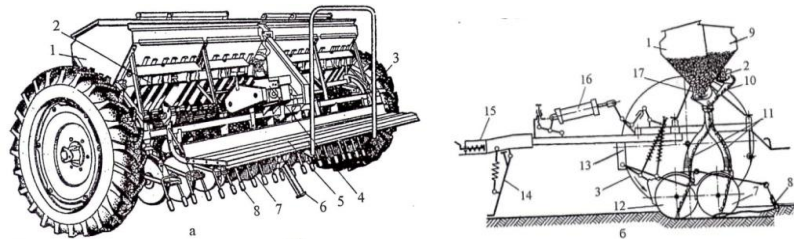


Рис. 1.17. Зернотукова сівалка СЗ-3,6А.

Сівалка СЗ-3,6А має модель СЗ-3,6А-04 – вузькорядна сівалка з дводисковими вузькорядними сошниками для сівби зернових і зернобобових культур із міжряддям 7,5 см, технологічна схема подана на рисунку 1.18.

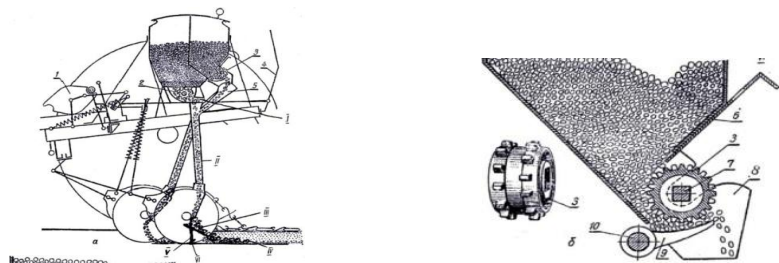


Рис. 1.18. Технологічна схема сівалки (а) та катушкового апарата (б):

I – рух насіння із катушки;	1 – автомат;
II – насіннєпровід;	2 – катушковий апарат;
III – розподільча пластина;	3 – висівна катушка;
IV – насіння;	4 – ричаг ввімкнення автомата;
V – металевий стояк;	5 – насіннєвий жолобок;
VI – лапка;	6 – заслінка;
7 – вал висівного апарата;	8 – корпус;
9 – дінце;	10 – вал дінця.

1.4. Теоретичний аналіз впливу технічних засобів і технологічних процесів, від збирання до сівби, на ефективність роботи та зниження травмування насіння

Відомо, що основними компонентами маси в молотильному барабані є стебла та колос із зернівками, що на виході забезпечує отримання зернового вороху у складі зернової маси, подрібнених стебел, зернівок, полови, насіння, бур'янів, грудочок, пилу ґрунту та значної кількості інших органічних і неорганічних засмічувачів.

В. П. Горячкін [70] при виведенні основного рівняння барабана отримав відношення:

$$P'\Delta t = \Delta m V, \quad (1)$$

що характеризує імпульсну дію бил на зерновий ворох, тобто який у даному випадку пов'язує сукупність не зв'язаних між собою матеріальних частин.

Е. І. Липкович [266–269] при дослідженні руху маси в молотильному апараті зернівку розглядає як окрему частинку, що переміщується одною білою, та записується диференціальним рівнянням:

$$mR^2\ddot{\phi} = NR \left[f_{\phi} + f_{\partial} \right] - f_{\phi} \frac{2\omega_{\phi}}{\omega_1 + \ddot{\phi}}, \quad (2)$$

де m – маса окремої частини, R – радіус дуги підбарабання,

N – нормальна сила стиснення, f_{∂} , f_{ϕ} – коефіцієнти опору зчеплення з барабаном,

ω_{ϕ} – частота обертів молотильного барабана, ω_1 – швидкість поступлення.

Дослідники В. А. Кубишев, L. Caspers, W. E. Fisher, D. Frenzel, J. Paulitz, W. Thümer, I. P. Trollope [206, 348, 349, 358, 359, 377, 378] аналітично пов'язали швидкість шару обмолочуваної маси з напругою стиснення, а тому припустили можливість травмування яке записується рівнянням.

$$m\ddot{x} - P f_{\phi} - f_c = 0, \quad (3)$$

де m – маса окремого стебла, P – напруга стиснення шару,

f_{ϕ} – f_c – коефіцієнти тертя били по масі та окремими стеблами.

Автори Макаров І. Е., Четиркін Б. Н. [225, 226] при визначенні частини обмолочуваної маси подають у вигляді рівняння нерозривності руху:

$$Q = B\gamma hV_{cp}, \quad (4)$$

де Q – поступлення обмолочуваної маси, B – ширина рухомої частини маси, h – товщина рухомої частини маси, γ – щільність обмолочуваної маси, V_{cp} – середня швидкість руху обмолочуваної маси.

Це рівняння відображає характер руху всієї суцільної обмолочуваної маси, а за М. І. Кленіним [185–187] такий шар є пористим середовищем, що складається із окремих стебел, зернівок та інших компонентів і показує, що при переміщенні у певний період стебла вступають у контакт із планками підбарабання, переламуються (рис. 1.19), а деякі стебла вигинаються у міжбильні вікна і не контактують із підбарабанням. Вигинання стебел спостерігається перед кожною билою, що створює певну хвилю від входу до виходу молотильного апарата.

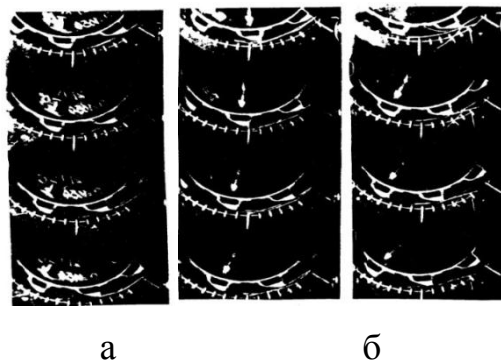


Рис. 1.19. Переломування стебла на вході (а) та визначення «опору перелому» ударянням бил на кінець стебла (б).

При проходженні обмолочуваної маси через міжпланковий простір відбувається розбиття колоса і при цьому утворюється потік зернівок.

Враховуючи значну швидкість руху зернової маси – до 37 м/с, [272] при зіткненні між собою та робочими поверхнями молотильного агрегату й інших робочих органів відбувається макро- та мікротравмування зернівок.

Дослідник Кузін Г. А. [207–212] та інші на основі подання рівняння сепарації молотильного апарата показують зв'язок між втратами u , поступленням q та довжиною підбарабання l , де μ – коефіцієнт сепарації.

$$y = f(q, l, \mu). \quad (5)$$

Складовою частиною цього коефіцієнта є вірогідність α просіювання зернівок із молотильного простору за один цикл, за одиницю часу, за одну спробу тощо.

Рух зернової маси проходить за високих швидкостей, тому при первинному проходженні здійснюється ударяння бил по колосках у точці А. Тут утворюється спектр траєкторії в середині кута $\beta = \frac{\pi}{2}$. Ті зернівки, що винесені за межі підбарабання разом із шаром соломи або відкинуті від барабана і підбарабання, будуть менш травмовані, але при повторному потраплянні отримають додаткові травмування, а ті, що досягнуть решітчастої поверхні під впливом відцентрових сил, отримають максимальні травмування.

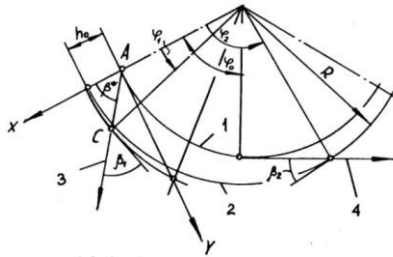


Рис. 1.20. Схема сепарування:

1–2 – дуга коловості бил і підбарабання;

3–4 – траєкторія потоку зернового вороху.

Якщо зернівку подати у вигляді матеріальної частинки, то ймовірність просіювання можна визначити відношенням $\alpha = \frac{l}{r}$ (рис. 1.21). А якщо зернівки масово рухаються і потрапляють на поверхню підбарабання під невеликими кутами β за великих швидкостей, то найбільші зернівки будуть менші l .

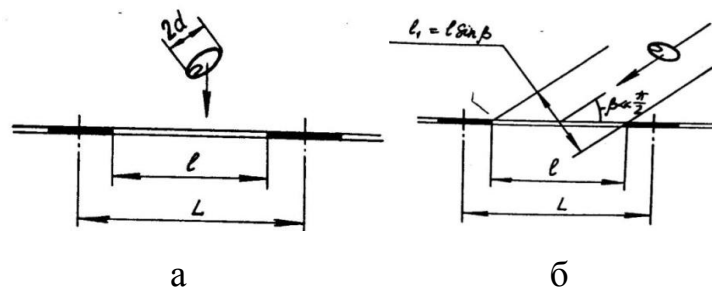


Рис. 1.21. Просіювання зернівок через комірку решітки за великих (а) та малих (б) кутів атаки.

У такому разі більша вірогідність зіткнення зернівок на великих швидкостях із робочими поверхнями і просівання можливе або неможливе, що також призводитиме до додаткових травмувань насіння.

Для іншого переміщення змінення кута β_2 при зменшенні зазору на будь-якій точці на поверхні бил, за винятком точки А, при $h_0 = h$ враховується залежність h від φ_2 . Припускаючи лінійну залежність, отримуємо:

$$h = h_0 - h_0 - h_n \frac{\varphi_2}{\varphi_n}, \quad (6)$$

де $h_0 - h_n$ – зазор на вході та виході, φ_n – кут охоплення підбарабанням. Із урахуванням $\varphi_2 > \varphi^x$ значення кута проходження визначається відношенням:

$$\beta_2 = \arccos \left[1 - \frac{1}{P} \left(h_0 - \frac{h_0 - h_n}{\varphi_n} \varphi_2 \right) \right]. \quad (7)$$

На рисунку 1.22 наведено межеву траєкторію АЕ первинного руху при зіткненні зернівок зі стеблами і визначення зміщення кута руху насіння.

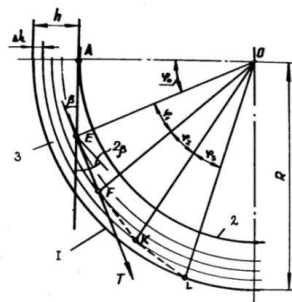


Рис. 1.22. Кут переміщення шару насіння:

1–2 – дуга коловості підбарабання і барабана; 3 – натуральний шар.

Припустимо, що зернівки однорідним рухом направляються на поверхню підбарабання паралельними напрямками, планки без округлень, зернівка – куля, співударяння пружні.

На рисунку 1.22 наведено схему ймовірності зіткнення і проходження зернівок через планчасту решітку, де відрізок a відповідає можливим траєкторіям зернівок при зіткненнях з іншими пластинками, планками, а відрізок c – траєкторії руху до барабана.

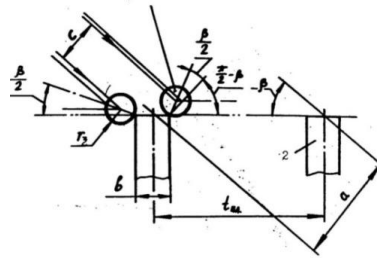


Рис. 1.23. Ймовірність зіткнення та просіювання зернівки через комірку:

1 – зернівка у вигляді кулі; 2 – планка.

Ймовірність проходження зернівок через решітку знаходимо за формулою, що добре видно із рисунку 1.23.

$$\alpha_{nl} = 1 - P_1 P_2, \quad \alpha_{nl} = \frac{a - c}{a}, \quad a = t \sin \beta,$$

$$c = r_2 \left(\sin \frac{\beta}{2} + \cos \frac{\beta}{2} \right) + b \sin \beta.$$

На рисунку 1.24 подано ймовірність зіткнення зернівок та їх травмування при наявності планок підбарабання на виділення зернової маси при обмолочуванні.

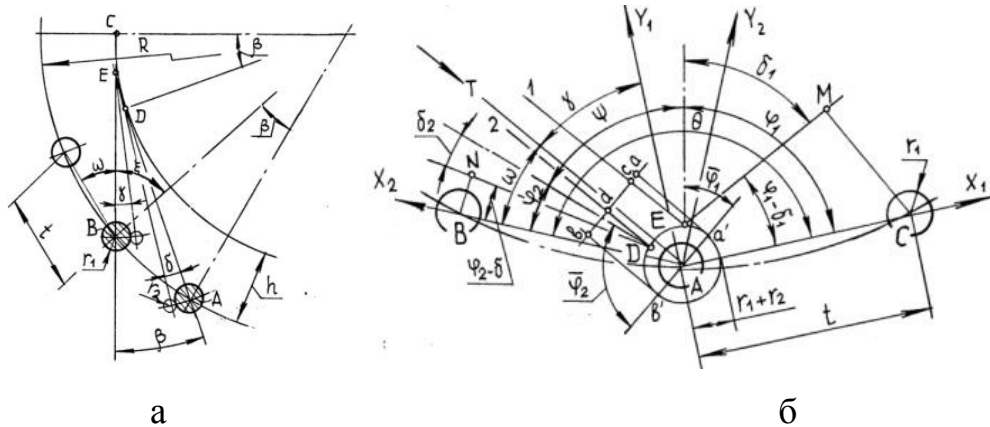


Рис. 1.24. Визначення ймовірності зіткнення: а – зернівок з елементами пруткової решітки та відбиття; б – зернівок до молотильного барабана.

Провівши певні розрахунки, отримаємо вірогідність P_1 при контакті зі зношеними планками:

$$P_1 = \frac{b - 2r_1}{t} + \frac{1,41}{t} r_1 + r_2 \left(\frac{R}{h} \right)^{0,5}, \quad (8)$$

P_1 – ймовірність зіткнення, P_2 – ймовірність направлення до барабана.

На рисунку 1.25 надано схему визначення вірогідності P_2 , тобто направлення руху зернівки до барабана при зіткненні із решіткою підбарабання, а провівши певні розрахунки, отримаємо:

$$P_2 = \frac{r_1 + r_2 \left(1 + \frac{\omega}{2}\right) + b - 2r_1 \sin \omega + \beta}{b - 2r_1 \sin \omega + \beta + 2 r_1 + r_2} . \quad (9)$$

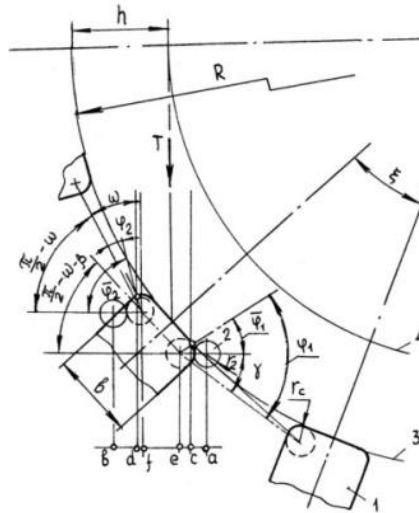


Рис. 1.25. Визначення ймовірності відбиття зернівок до барабана при зіткненні із планчастою решіткою:

1 – планка; 2 – зернівка у вигляді кулі; 3–4 – дуга коловості підбарабання і бил.

Таким чином, наведені розрахунки показують ймовірність розподілення, просіювання, зіткнення, відвернення, первинного і вторинного руху зернової маси в межах молотильного агрегату і можливих пошкоджень, травмувань зернівок, що негативно впливатиме на якість підготовленого насіння.

За рекомендаціями В. П. Горячкіна [49], для молотильних барабанних апаратів порівняно невеликої продуктивності робочу швидкість можна вибирати із розрахунку:

$$\frac{d\omega}{dt} = 7,5 \frac{1}{сек^2} \quad (10)$$

За даними Б. Г. Турбіна [315] та інших, довжину бильного барабана можна визначити, якщо вважати на основі дослідних даних питома поступлення на 1 дм загальної довжини всіх бил, що дорівнює:

$$d=0,020-0,025 \text{ кг/с}$$

Якщо комбайн працює на доброму стеблестоянні, а питома поступлення можливо навіть допустити $d=0,035 \text{ кг/с}$ на 1 дм довжини бил, то довжина барабана буде:

$$l = \frac{q}{q'M} ; \text{ дм} , \quad (12)$$

q – секундне поступлення хлібної маси в кг; M – кількість бил.

Колова швидкість встановлюється з метою досягнення вимолочування та мінімізації пошкодження, подрібнення і травмування зернівок.

Визначивши завдання колової швидкості та діаметра барабана, можна вирахувати число обертів, що також матиме значний вплив на подрібнення, пошкодження та травмування зернівок:

$$n = \frac{60v}{\pi d} , \quad (13)$$

де V – колова швидкість у м/с; d – діаметр барабана в м.

Якість очищення залежить від повітряного потоку, що створюється вентилятором, та від розмірів комірок решітки.

Наявність зерна у вороху можна визначити за формулою [80]:

$$\eta = \frac{1-\lambda}{1+k\lambda} , \quad (14)$$

а кількість зернівок:

$$q_z = q_{or} \cdot \eta$$

Якщо враховувати, що вся кількість зерна прохідиме через очисні решета і потрапить у зерновий шнек, то його необхідно розраховувати за продуктивністю на поступлення q_z .

Підвищена вологість зерна та його травмування негативно впливають на якість насіння, а відповідно знижують урожайність, про що свідчать дослідження В. І. Оробінського [258] та інших авторів. У процесі дослідження залежності між сумою травмування T_c та наведеним травмуванням T_H , масою 1000 зернівок і вологістю прийшли до висновку, що кожний фактор змінився у наступних межах: $T_H = 8,4-14,3\%$, $A = 32-46g$, $W_s = 10,3-29,6\%$.

Встановлено прямий кореляційний зв'язок між сумарним і наведеним показниками травмування з коефіцієнтом кореляції $R=0,88$ (рис.1.26).

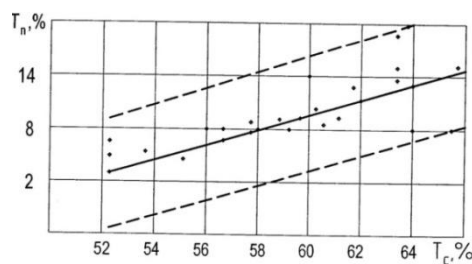


Рис. 1.26. Залежність між загальним та наведеним травмуванням.

$$mT_H/T_C = mT_H + \frac{\sigma T_H}{\sigma T_C} \cdot R \left(T_C - mT_C \pm 3\sigma T_H/T_C \right), \quad (15)$$

$$\text{де } \sigma T_H/T_C = \sigma \cdot T_H \cdot \sqrt{1-R^2}; \quad (16)$$

Відповідно відношення $T_H:T_C$ становить приблизно 1:5.

Дані рисунку 1.20 показують, що зі збільшенням одних значень травмування збільшуються інші.

Дослідження також засвідчили зв'язок між подрібненням і наведеним травмуванням насіння (рис. 1.27.)

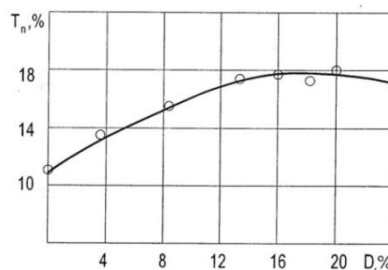


Рис. 1.27. Зв'язок між подрібненням та травмуванням насіння.

Наведені дані показують, що при зростанні подрібнення зернівок збільшується їх травмування. Це явище можна пояснити тим, що травмування зернівок під впливом зовнішніх навантажень може бути початком деформації, потім утворення тріщин, які збільшуються під час кожного наступного навантаження і у певний період сягають критичної величини, після чого зернівка макротравмується та руйнується.

Межі зміни T_H , D , W_3 та M у загальній сукупності становитимуть:

$T_H - 2 - 36\%$; – мікротравмування зернівок; $D - 2 - 24\%$; – подрібнення;

$W_3 - 10,3 - 29,6\%$; – вологість зернівок; $M - 32,0 - 47,7\text{ г}$; – маса 1000 зернівок.

Наведене травмування із достатньою достовірністю апроксимується рівнянням:

$$T_H = b_0 + b_1 W_3 + b_2 M + b_3 D + b_4 W_3^2 + b_5 M^2 + b_6 D^2, \quad (17)$$

де $b_0 - b_6$ – розрахункові коефіцієнти.

Із підвищенням вологості зерна до певної межі при обмолочуванні його травмування і подрібнення зменшується, але при цьому знижуються також насіннєві якості, що засвідчують Е. Д. Козаков [169, 170], М. М. Мироненко [235], В. С. Рубан [285] та ін.

Отримані дані показують, що якість насіння залежить як від вологості, так і від його травмування при збиранні. Зі зростанням вологості від 10,3 до 15,0 % спостерігається збільшення лабораторної схожості від 89,0 до 93,0 %, польової – з 87,0 до 89,0 % (рис. 1.28).

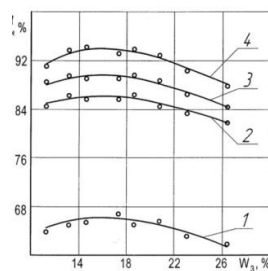


Рис. 1.28. Зв'язок схожості насіння від його вологості при збиранні:

1, 2, 3 – польова схожість через 12, 20, 25 днів; 4 – лабораторна схожість.

Наступне збільшення вологості до 29,6 % призводить до зниження лабораторної схожості насіння із 93,8 % до 85,0 %, а польової – з 89,5 % до 83,5 %.

Подібна закономірність спостерігається на кривих 1 та 2 польової схожості через 13 та 19 днів. Для отримання насіння, що відповідає державному стандарту за його якістю, пропонується обмолочування за вологості 13–18 %.

Дослідження впливу часу зберігання на зараження насіння патогенами подані на рисунку 1.29.

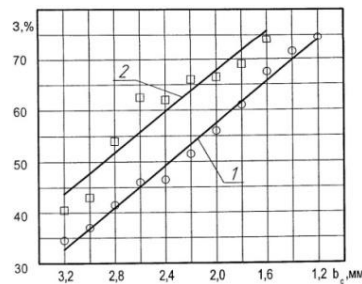


Рис. 1.29. Пошкодження мікроорганізмами насіння через:

1 – один місяць зберігання; 2 – два місяці.

При збільшенні періоду зберігання та необроблення зернового вороху після збирання енергія проростання та лабораторна схожість знижувалися (рис. 1.30).

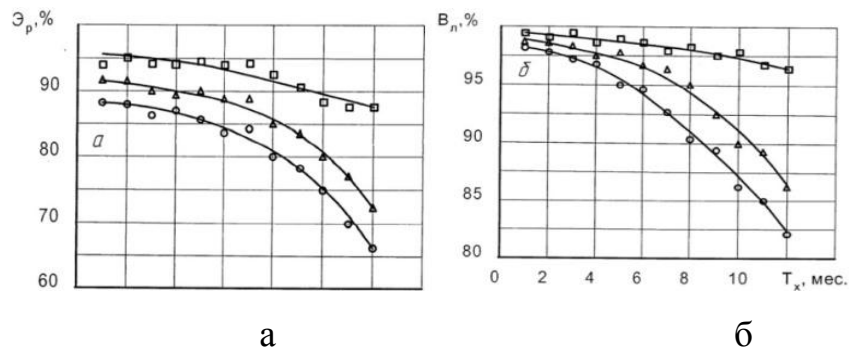


Рис. 1.30. Вплив строків зберігання насіння на його якість:

а – енергія проростання; б – лабораторна схожість.

Посівні якості насіння залежать не тільки від сили механічних впливів робочих елементів машин, але і від фізико-механічних та біологічних особливостей зернівок і, насамперед, від їх вологості.

Дослідники О. М. Пугачов [272, 273, 274], О. П. Тарасенко, В. І. Оробінський, М. Е. Мерчалова, О. М. Долматов [304, 306], Б. А. Карпов

[179–182] прийшли до висновку, що найменше травмування зернівок при обмолоті спостерігається за їх вологості у межах 15–23 %.

Дані рисунку 1.30 свідчать про те, що найменше травмування зернівок спостерігається за вологості 17–19 %, а найвища лабораторна схожість насіння – за вологості 15–17 %.

Вологість впливає на механіко-технологічні властивості зернівок: пружність, пластичність та деформацію, про що свідчать дослідження В. В. Кузнецова [216], О. І. Лур'є [223], М. М. Малініна [227], В. В. Москвітін [237], П. А. Ребиндера [281], В. І. Самуля [286], С. П. Тимошенка [310, 311], О. М. Царенка [323] та ін.

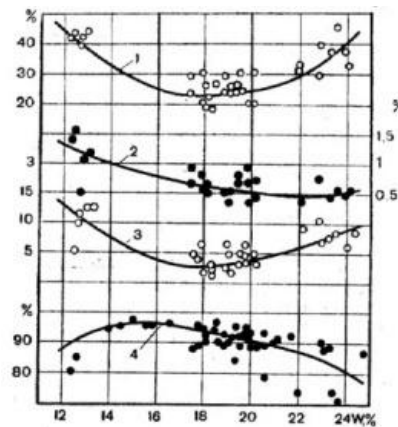


Рис. 1.31. Травмування зернівок різної вологості при обмолочуванні пшениці:

1 – травмування насіння;	3 – травмування зародка;
2 – подрібнення;	4 – лабораторна схожість.

Деяка невідповідність оптимальних значень вологості зернівок їх схожості свідчить про наявність неврахованих видів травм, які не призводять до руйнування верхніх шарів зернівок, але негативно впливають на якість насіння, особливо на енергію його проростання і польову схожість.

Ступінь травмування зернівок залежить і від їх розмірів – у більшій мірі травмуються фракції розміром 2,6–2,8 мм (рис. 1.32).

Травмування насіння при збиранні значною мірою залежить від режимів роботи молотильного апарата, що підтверджується дослідженнями Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенка, В. І. Оробінського [108, 109].

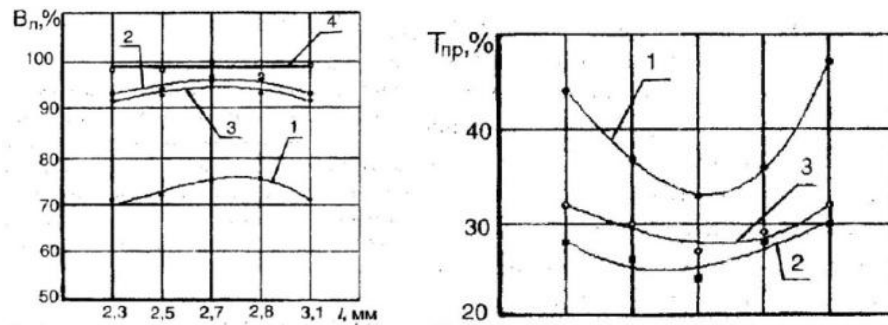
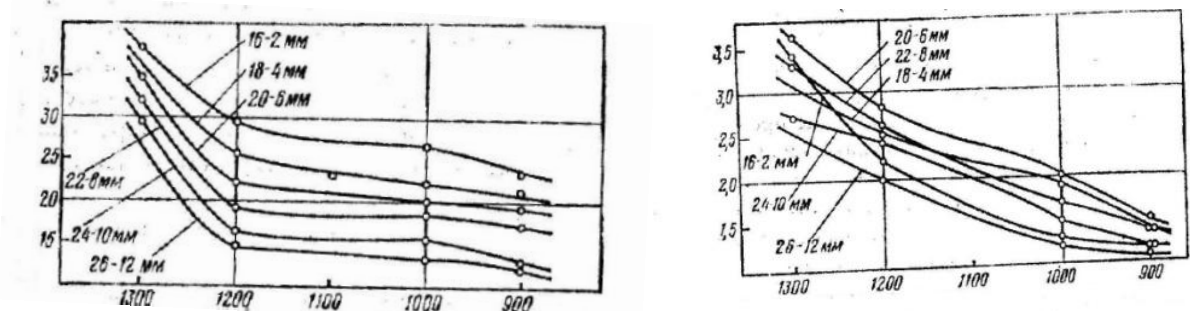


Рис.1.32. Вплив розмірів зернівок на травмування та лабораторну схожість при обмолочуванні.

Травмування зернівок значно зростає зі збільшенням частоти обертання барабана (рис.1.33).



Оберти барабана

Рис. 1.33. Вплив частоти обертів барабана комбайна на травмування насіння.

Регулювання зазору між молотильним барабаном і підбарабанням також впливає на травмування зернівок (рис. 1.34). Збільшення зазорів завжди супроводжується зменшенням пошкодження і травмування, але, разом з цим, зростають втрати через невимолочування. Зменшення негативного впливу на травмування зернівок необхідно здійснювати ретельним та постійним добовим регулюванням зазорів з урахуванням змінення вологості зернівок і всієї хлібної маси.

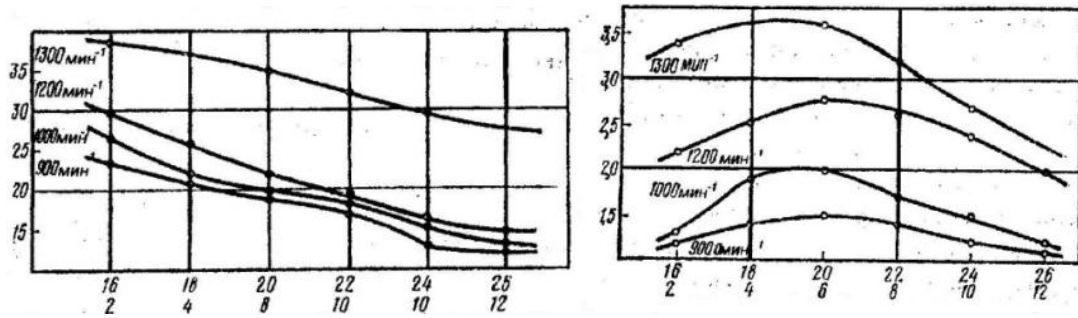


Рис. 1.34. Вплив зазорів між барабаном і підбарабанням комбайна на травмування насіння озимої пшениці.

При зростанні поступання хлібної маси у молотильний барабан травмування зернівок спочатку зменшується, а потім зростає, у зв'язку із зростанням напруженості, зменшенням швидкості переміщення, знижується сепарування через підбарабання, зернівки потрапляють під додатковий механічний вплив бил барабана і планок підбарабання (рис. 1.35).

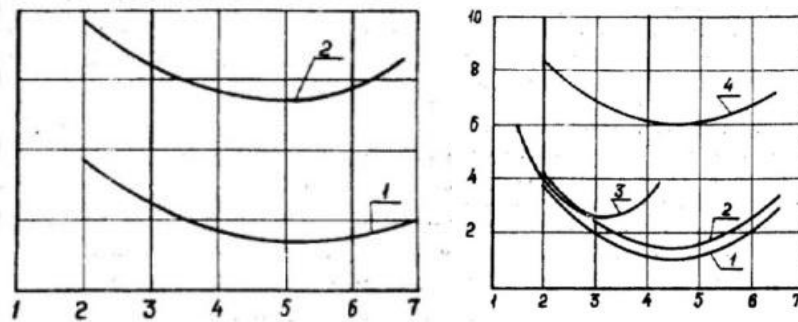


Рис. 1.35. Вплив поступання зернового вороху на травмування зернівок:

1, 2, 3, 4 – пшениця, жито, гречка, просо;

1–2 – мікротравмування, %

1–4 – макротравмування, %

$$q_n = a^{bn}, \quad (18)$$

де a – кількість зернової маси, що надходить на очищення;

n_n – почерговий номер циклу; b – коефіцієнт.

Кількість циркуляційної маси залежить від загального завантаження очистки і режимів її роботи, особливостей зернового вороху, що впливають на коефіцієнт b та почерговий номер циклу.

Циркуляційне завантаження збільшує завантаження очистки, втрати та травмування.

Наукові дослідники та спеціалісти відзначають високий рівень пошкодження і травмування насіння зерноочисними комплексами ЗАВ-20–9,4 %, ЗАВ-40–10,4 %, ЗАВ-50–14,5 % [471], що викликано наявністю значної довжини транспортувальних пристосувань, яка становить у ЗАВ-20–37,8 м, ЗАВ-40–42,3 м, ЗАВ-50–102,0 м, [154, 155, 175].

Професор П. М. Заїка [142, 143] значною мірою вивчив забивання і самоочищення решіт і у зв'язку з цим зробив наголос, що вектор сили інерції, яка діє на зернівку, змінюється в часі за величиною та напрямом.

Схема сил дії на заклинення зернівки в отворі решета характеризує умови розклинення насіння, що визначається системою рівнянь [281, 282, 283]:

$$\begin{aligned} N_2 - N_1 \cdot \cos \delta + F_2 - F_1 \cdot \sin \delta + J_x &= 0 \\ -N_2 + N_1 \cdot \sin \delta + F_2 + F_1 \cdot \cos \delta + G - J_z &= 0, \\ J_x \cdot Z_A + J_z \cdot 0,5d + N_2 \cdot d \cdot \sin \delta - G \cdot 0,5d - F_2 \cdot d \cdot \cos \delta &= 0 \end{aligned}, \quad 23$$

де N_1 і N_2 – сили нормального тиску зернівки на лівий і правий бік отвору решета; J_x і J_z – проекції перекидних сил інерції J на вісі x і z ; G – вага зернівки;

δ – кут нахилення до вісі z відносно профілю зернівки в місці дотику її з краями отвору; β – кут нахилення до вісі z прямої, що з'єднує точку А, навколо якої розкидається при русі насіння, і точку О – центр інерції зернівки.

Умови викидання зернівки виходять із третього рівняння системи (23):

$$J_x \cdot J_z - F_1 - G^{-1} \operatorname{tg} \beta, \quad (24)$$

де F_1 – відповідне значення наведеної сили тертя, рівне за величиною силі зчеплення заклиненої зернівки, визначене рішенням перших двох рівнянь системи (11).

Зробивши аналіз різних видів зерноочисних машин, П. М. Заїка [142, 143] встановив, що оптимальні режими сепарування і самоочищення решіт не співпадають, а тому для покращення якості очищення зернової суміші необхідне примусове очищення решіт, але це збільшує ймовірність травмування зернівок і, як результат, погіршує їх якість.

У зерноочисних машинах застосовуються решета із продовговуватими отворами, адже зернівка має вигляд еліпсоїду, а тому вона пройде під решето, якщо до часу

його зіткнення із протилежною границею отвору центр ваги змістився у відносному русі до рівня нижньої поверхні решета (рис. 1.36, 1.37).

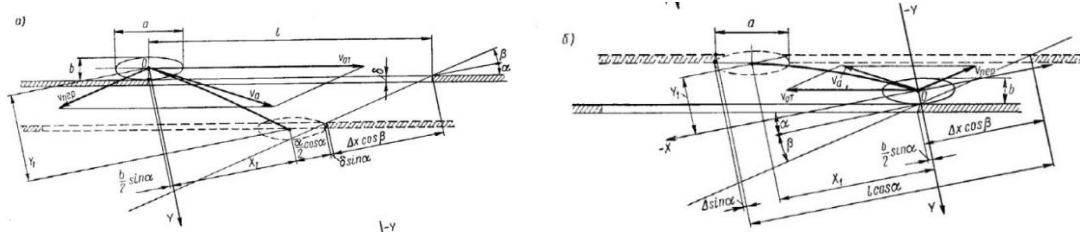


Рис. 1.36, 1.37. Схема проходження зернівки у продовговаті отвори решета, що здійснює коливальні рухи.

При всіх цих рухах та переміщеннях насіння від зіткнень та ударянь отримує пошкодження і травмування, що негативно впливає на його якість, про що свідчать дослідження М. В. Бусола [25], Т. І. Гайдамакіна [38], Є. М. Голика [43], В. В. Гречко [56], Д. А. Дерев'янка [109], З. Я. Дутченко [127], З. М. Калошина [176], О. І. Конопльова [196], Ф. М. Купермана [217], В. Б. Лебедєва [219], М. О. Майсуряна [224], І. П. Муромцева [238], І. Г. Строни [289, 290], М. М. Ульріха [316], Л. В. Фадєєва [318, 319, 320], Ю. В. Шалагінова [337].

На насіннеочисних вібросепараторах застосовуються циліндричні решета, якими процес виділення фракцій через отвори решіт може здійснюватися тільки при відносному переміщенні насіння по поверхні решета. Інтенсивність, продуктивність та якість роботи залежать від швидкості руху, сили тяжіння, дії сил тертя, інерції, нормальної реакції поверхні циліндра та відцентрової сили.

Сили, що діють на зернівку, – тяжіння mg , сили тертя F , нормальна реакція поверхні циліндра N , а також відцентрова і сила інерції від переносного руху $m\omega^2 r$, що подано на рисунках 1.38 і 1.39.

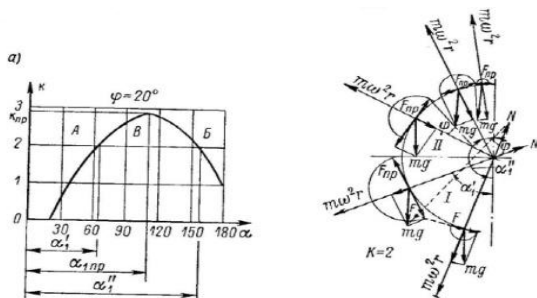


Рис. 1.38. Діючі сили на частинку, що перебуває у відносному спокої.

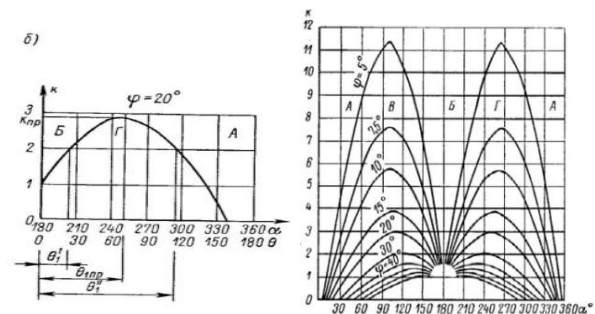


Рис. 1.39. Межі зон відносного спокою.

Аналіз показує зони А і В, де відносний спокій зберігається з початку його виникнення до досягнення точкою верхньої межі цієї зони, та зони В і Г, де він при $k < k_{\text{пр}}$ неможливий.

Виходячи із розміщення координат (рис. 1.36), можна подати диференціальне рівняння руху точки в межах від $\omega t = 0$ до $\omega t = 180^\circ$:

$$m \frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = -m\omega_1^2 r = mg \cos \alpha - N + m\omega^2 r - 2m\omega_1 \omega r \quad (28)$$

$$m \frac{d^2 n}{dt^2} = -m \frac{d\omega_1}{dt} r = -mg \sin \alpha + N \operatorname{tg} \varphi,$$

За наявності на поверхні значної кількості частинок, тобто зернівок із різними коефіцієнтами тертя, при переміщенні вони будуть взаємодіяти одна з одною, а також з поверхнею, що спричинюватиме травмування насіння. Основною робочою частиною циліндричного трієра при підготовленні насіння зернових культур є комірки, розміщені на внутрішній поверхні циліндра.

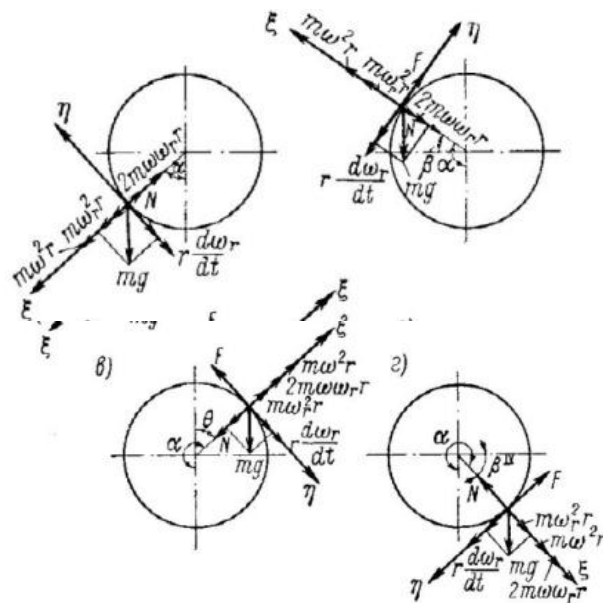


Рис. 1.40. Діючі сили на зернівку, що перебуває у відносному русі.

Головними параметрами циліндричної поверхні із комірками, що визначають його продуктивність та ефективність, є його діаметр, довжина, розміри і форми комірок, а також швидкість обертання (рис. 1.41).

$$k = \frac{R\omega^2}{g}, \quad (29)$$

де g – прискорення сили тяжіння; ω – кутова швидкість обертання.

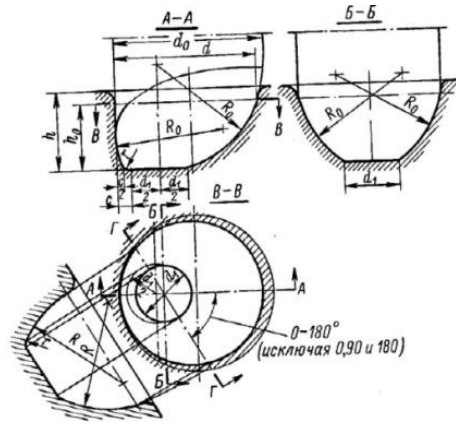


Рис. 1.41. Форма комірок циліндричного трієра,

де d_1 – діаметр дна; $h - h_0$ – глибина; $R_0 - r$ – радіус закруглення.

Під час безперервного поступлення зернової маси на внутрішню циліндричну поверхню, що обертається, вона розміщується шаром і переміщується в осьовому напрямку.

Виокремлені із шару короткі зернівки виносяться комірками у II квадрат (рис. 1.42), звідки вони потрапляють у приймальний жолоб.

Довгі зернівки перебувають у постійному русі навколо центральної частини шару, що розміщується у квадраті I. Зернівки під впливом сил тертя піднімаються на деяку висоту внутрішньої поверхні циліндра і знову потрапляють на шар зернової маси, тобто відбувається перемішування зернівок та їх травмування.

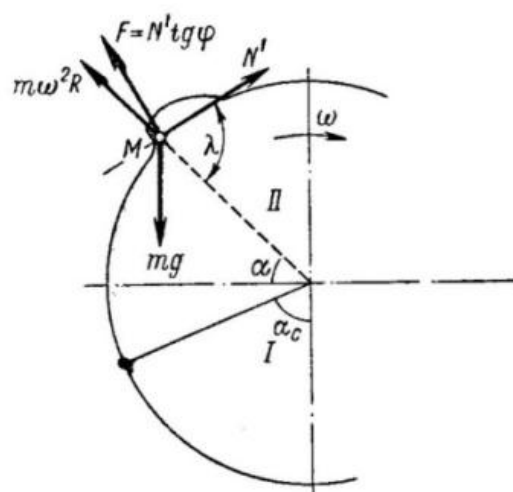


Рис. 1.42. Винесення зернівок комірками.

У процесі обертання циліндра комірка, в якій розміщується зернівка, перебуває у квадраті II під кутом $\alpha = \omega t$ відносно горизонтального діаметра

циліндра (рис. 1.42). На зернівку діють сили ваги зернівки mg , нормальної реакції N' крайнього елемента M комірки, сила тертя $F = N' \operatorname{tg} \varphi$ (φ – кут тертя зернівки по поверхні комірки) та сила інерції $m\omega^2 R$ (R – радіус циліндра).

$$N' \operatorname{tg} \varphi + m\omega^2 R \sin \lambda \geq mg \cos \lambda - \alpha, \quad (30)$$

Дослідники В. П. Глотов, О. П. Тарасенко та ін. [41, 307] вважають, що руйнування будь-якого матеріалу, в тому числі зернівки, відбувається тоді, коли зусилля при механічній дії більші від міцності можливостей матеріалу і встановили величину цієї сили в залежності від маси, швидкості, пружності матеріалів при зіткненнях, а також геометрію поверхонь місць зіткнень.

Сила співударяння зернівок із робочими органами подається формулою:

$$P = \left[\frac{2E_1 E_2}{3E_1(1-M_2^2) + E_2(1-M_1^2)} (\sum K)^{-\frac{1}{2}} \right]^{\frac{2}{3}} \left(\frac{5mv^2}{4} \right)^{\frac{3}{5}} + \sqrt{\frac{mv^2}{X_1}}, \quad (33)$$

де E_1 і E_2 – модулі пружності зернівки; V – швидкість співударів;

M_1 і M_2 – коефіцієнти Пуассона матеріалів, що контактують;

$\sum K$ – сума головної кривизни поверхонь зіткнень; m – маса зерна;

X_1 – коефіцієнт зсуву при деформуванні зернівки.

За дослідженнями Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенка, В. І. Оробінського, І. В. Шатохіна [108, 109, 307, 340, 341], мікротравмування насіння ковшами та шнеками зростає при збільшеній ймовірності контактування непошкоджених зернівок P_m окремими елементами норії і визначається як добуток ймовірності потрапляння насіння в контактуючий шар P на ймовірність вмісту непошкоджених зернівок у воросі X_0 :

$$P_m = P \cdot X_0, \quad (34)$$

Можливість такого контактування можна подати як відношення об'єму шару, що контактує, до загального об'єму насіння, що переміщується між двома сусідніми частинами спіралі:

$$P_1 = \frac{V_k}{V}, \quad (35)$$

Об'єм шару насіння, що контактує в одному міжспіральному просторі, являє суму об'ємів насіння контактуючого із внутрішньою поверхнею кожуха трубопроводу V_1 та спіралями V_2

$$V_k = V_1 + V_2, \quad (36)$$

За даними досліджень В. Б. Лебедева, М. І. Теплинського [219, 308, 309], ймовірність потрапляння зернівок у контактуючий шар у самоплинному трубопроводі становить:

$$P_1 = \frac{2k}{b} + \frac{bkx}{V_i} \cdot \frac{1}{\frac{ax+b}{c} \frac{cx+a}{c} - \frac{b}{c} + \frac{ad-bc}{ac} \ln \frac{ad+cb}{ad+cb} - \ln \frac{a}{c} \frac{cx+d}{ax+b}}, \quad (37)$$

де V_i – об'єм рухомого насіння за одиницю часу, м^3 ; b – діаметр, м ;

l – довжина переміщення насіння при контактуванні, м ; k – товщина шару, м .

За дослідженнями Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенка, В. І. Оробінського [129, 130], при збільшенні швидкості руху смуги зерноочисної машини СМ-4 і коефіцієнтів заповнення ковшів до 0,6 «зворотне висипання» спочатку знижується, а потім зростає (рис. 1.43).

Характер зміни «зворотного висипання», у залежності від швидкості руху стрічки, залежить від режиму розвантаження ковшів, тобто за малої швидкості насіння викидається із ковша за рахунок сил гравітації, а за більшої – за допомогою відцентрових сил, затиснення насіння між задньою стінкою ковша і стрічкою, а також «зворотне висипання» сприяє збільшенню травмування насіння.

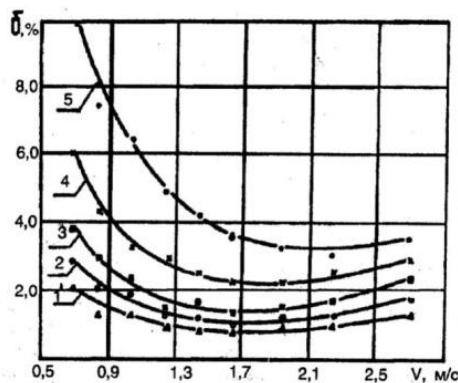


Рис. 1.43. Залежність «зворотного висипання» від швидкості руху стрічки з коефіцієнтами заповнення ковша:

0,2 – перша лінія; 0,3 – друга; 0,4 – третя; 0,5 – четверта; 0,6 – п'ята.

При збільшенні довжини трубопроводу з 2 до 12 метрів мікротравмування зернівок, за дослідженнями О. П. Тарасенка [307], зросло на 4 %, лабораторна схожість знизилася на 1,9 %, подрібнення зросло на 0,12 %, що становить 0,001 % м трубопроводу (рис. 1.44).

При збільшенні продуктивності трубопроводу із 10 до 30 т/год. травмування насіння зменшується на 11 %, а подрібнення суттєвих змін не зазнає (рис. 1.45).

Від величини заповнення трубопроводу також залежить травмування зернівок: збільшення коефіцієнта заповнення із 0,3 до 0,6 впливає на зниження травмування в 1,3 раза, тобто зменшується можливість контактування насіння із поверхнями травмування.

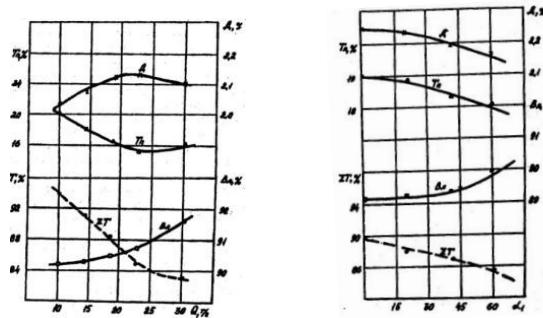


Рис. 1.44 – 1.45. Вплив продуктивності та кутів нахилу трубопроводу на травмування і якість насіння

Д – подрібнення; T_n – мікротравмування; V_d – лабораторна схожість.

На травмування насіння впливає діаметр, кути нахилу, повороти та наявність порогів різної висоти (рис. 1.45).

Результати досліджень свідчать, що кути нахилу трубопроводів при очищенні зернових культур не повинні перевищувати 45 градусів, а наявність поворотів і порогів повинна бути мінімальною або зовсім відсутньою.

Основними причинами травмування насіння при переміщеннях скребковими транспортерами є затиснення його в зазорах під час руху, динамічні навантаження, що виникають при зіткненнях зернівок із поверхнями робочих органів та переміщенні їх поверхнями тертя, а зростання швидкості руху транспортера впливає на збільшення травмування насіння.

Дослідження [132] свідчать про те, що пружність сили, яка виникає при зіткненнях насіння з робочими органами, залежить від швидкості співударянь і кутів між вектором швидкості та поверхнею у місці зіткнення. Подається залежність відсотків травмування насіння від цієї швидкості та становища робочої поверхні:

$$\Pi = e^{-c(V_{\max} - V \cos \beta)} 100, \quad (38)$$

де $V_{\max}$ – максимальна швидкість зіткнення, за якої руйнується 100 % насіння;

V – швидкість зіткнення; C – коефіцієнт міцності зернівки;

β – кут між вектором швидкості і поверхнею у місці зіткнення.

Дослідження Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенка, В. І. Оробінського [108, 109] показують, що різні частоти обертання шнека при одноразовому і багаторазовому проходженні насіння пшениці з різною вологістю впливають на травмування насіння, а збільшення кількості проходжень насіння через шнек призводить до зростання травмування.

Залежність кількості травмування насіння від частоти обертання шнека подається рівнянням:

$$y = ae^{bn}, \quad (39)$$

де y – кількість травмованого насіння; n – частота обертання шнека, хв^{-1} a, b – коефіцієнти; e – основа натурального логарифму (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Коефіцієнти a і b визначаються графічним методом і наведені в таблиці

Вологість, %	a	b
11,9	0,324	0,00634
17,1	0,184	0,00678
21,9	0,194	0,00513

При п'ятиразовому проходженні насіння по шнеку із частотою обертання 270 хв^{-1} його травмування зросло на 56,3 %.

Дослідження В. Ф. Плаксина та С. О. Чазова [266, 326, 327] на обладнанні із пневмопроводу довжиною 120 м і діаметром 200 мм показали, що матеріали суттєво впливають на мікротравмування зернівок різних культур (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Вплив матеріалу пневмопроводу на травмування зернівок

Матеріали	Травмування зернівок, %		
	пшениця	ячмінь	горох
Метал	24,0	11,6	5,6
Азбоцемент	11,4	7,4	1,2
Поліетилен	5,0	3,1	0,7

Дані таблиці показують, що при транспортуванні зернопроводом із поліетиленових матеріалів травмування зернівок усіх культур суттєво знизилося, а пшениці – аж у 4,8 раза. Це пояснюється впливом на травмування стану шорсткуватості стінок, пружних властивостей та жорстості матеріалу.

Режим пневмотранспортування визначається швидкістю руху повітря, кількістю проходжень та концентрацією насіння.

Вплив швидкості руху повітря на травмування зернівок досліджував В. Ф. Пляксін [266], (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Вплив швидкості руху повітря на травмування зернівок

Пшениця

Швидкість руху повітря, м/с	22,7	31,1	32,5	33,7
Травмування зернівок, %	5,3	11,5	17,0	18,9

Результати досліджень показують, що при зростанні руху повітря травмування зернівок збільшується.

Відомо, що середня швидкість руху повітря вища, ніж швидкість повітро-насіннової суміші, а також, що у центрі трубопроводу швидкість найвища, а до стінок знижується.

При збільшенні кількості проходжень вплив швидкості руху повітря на травмування зернівок зростає, що підтверджують дані В. Ф. Плаксіна [411], (табл.1.8).

Дані таблиці свідчать про те, що при збільшенні кількості проходжень травмування насіння зростає і найбільші його значення спостерігаються у пшениці та жита.

Таблиця 1.8

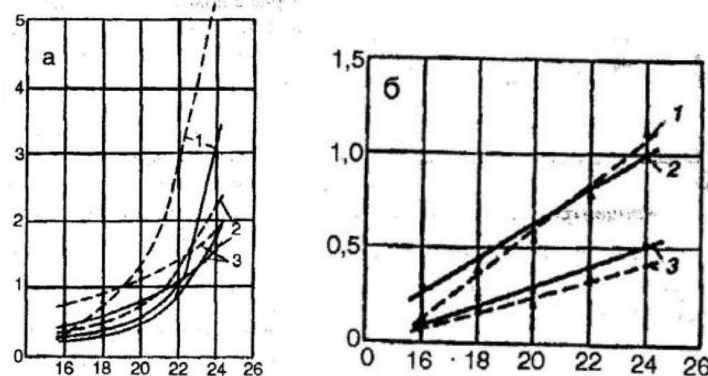
**Вплив кількості проходжень
на травмування зернівок**

Культури	Вологість, %	Швидкість руху повітря,м/с	Травмування зернівок % після проходжень				
			1	2	3	4	5
Пшениця (ручне збирання)	14,0	21,1	2,0	6,2	11,2	27,2	35,6
Пшениця	14,5	21,9	15,2	26,2	40,1	43,3	52,2
Жито	14,0	21,7	27,6	38,6	44,2	46,4	46,4
Горох	14,6	29,6	1,5	8,2	10,0	17,0	21,0
Ячмінь	14,8	25,0	7,2	7,8	8,8	9,2	9,6
Овес	14,0	21,8	0.2	2.0	7,0	7,4	7,6

Дослідники Ф. Зуєв, Н. Левичева та І. Неборок [157, 158] стверджують, що в параболічному відводі кути зустрічі зернівок із його стінками менші, а тому

менші ударяння, що зростають при підвищенні швидкості руху насіння у пневмопроводі, з чим пов'язано його менше травмування (рис. 1.46).

Вплив робочих елементів на травмування і якість насіння при різних технологічних прицесах досліджували П. В. Блохін [15], З. М. Бобков [16], М. І. Борисов [18], М. Л. Виндижев [31], О. Г. Громов [57, 58], Д. А. Дерев'янка [109], В. М. Дринча [122–126], Б. І. Зюзьков [159], А. М. Зюлін [161–164], Г. І. Креймерман [203], Ф. М. Куперман [217], В. Б. Лебедєв [219], В. К. Макаров [225, 226], І. Е. Мальбиш [229], М. О. Мороз [236], І. Муромцев [238–239], Л. І. Нефедова [242], П. О. Новіков [246–249], В. І. Оробінський [254–258], О. О. Панов [261–264], В. Ф. Плаксін [266], О. П. Тарасенко [292–307] та інші [336, 337, 339, 341, 343, 345].



Швидкість руху повітря, м/с.

Рис. 1.46. Вплив швидкості руху повітря на обрушення та подрібнення зернівок вівса (суцільна лінія) та проса (пунктирна лінія) у трубопроводах:

1– з радіусом закруглення 5 D; 2 – з радіусом 10 D; 3 – параболічний;

а – обрушення; б – подрібнення.

При збільшенні концентрації зерноповітряної суміші зменшується травмування зернівок, особливо при параболічному відводі (рис. 1.47).

У зв'язку зі зростанням товщини шару насіння при переміщенні на стінках та при потраплянні у відвід зернівки отримують менше механічних навантажень, а тому підвищення концентрації зменшує їх травмування.

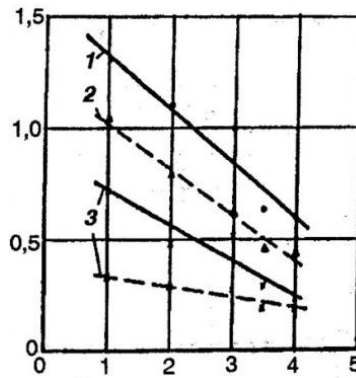


Рис. 1.47. Вплив концентрації зерноповітряної суміші на травмування насіння:

1 – радіус закруглення 10 D; 2 – радіус 5 D; 3 – параболічний.

О. П. Тарасенко [307] свідчить, що насіння травмується і в обладнаннях осідання, коли у пневмотранспортувальних устаткуваннях використовують циклони. Результати досліджень показали, що металічний циклон не створює перепадів тиску, необхідного для осідання насіння, і додатково його травмує.

Замість такого циклону Зуєв Ф. Г. [157, 158] запропонував камеру для осідання із відбиваючими екранами із гумових стрічок, розміщених на різних відстанях одна від одної у шахматному порядку.

Дослідження В. В. Адамчука, В. М. Булгакова [270] та ін. свідчать про те, що застосування вібраційних висівних апаратів забезпечить усунення більшості недоліків, які притаманні традиційним сівалкам, тобто бути стійкішими і не сприйнятливими до зовнішніх збурювальних дій, висівати насіння різних культур, змінювати норми висівів у широких межах різних розмірів і маси, створювати стійкіший транспортувальний потік, значно знижувати пошкодження насіння робочими органами висівних апаратів.

Для забезпечення сівби зернових культур, особливо таких як озимі зернові, ячмінь, овес, інші, використовуються дискові сошники, які, утворюючи борозенку, на дні розміщують насіння і заробляють ґрунтом.

Стандартні дводискові сошники (ГОСТ-1719-64.) утворюються двома плоскими дисками, розміщеними під певним кутом – 10° .

Різновидністю дискового сошника є вузькорядний сошник, у якому диски встановлені під кутом 23° , який при русі утворює подвійну борозну із гребенем посередині з віддаленням посередині 6,5 см.

Сошники таких типів використовуються для сівби озимої пшениці, жита, ячменю та інших зернових культур при швидкості руху сівалки близько 8 км/год. При більших швидкостях погіршується якість сівби, особливо глибина зароблення насіння, що пов'язано із вологістю ґрунту, а відтак отримання сходів погіршується. Схеми утворення борозни подані на рисунках 1.48, 1.49.

У дискових сошників, крім розмірів і форм борозни, суттєве значення має не тільки кут між дисками, але й висота розміщення точки стикування країв диска.

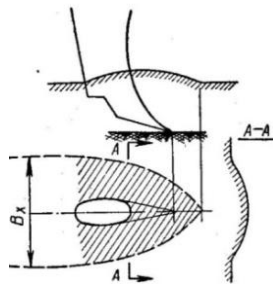


Рис. 1.48.

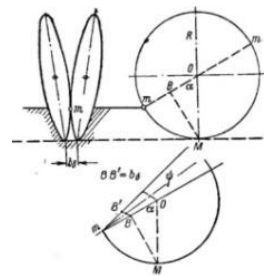


Рис. 1.49.

Схема борозни та її ширини, утвореної дводисковим сошником.

Під час сівби у ґрунті на глибині підсошникової зони утворюється похила поверхня при осипанні ґрунту, нахил якої спрямований у сторону носика сошника, а насіння може розміщуватися на цій похилій поверхні та зароблятися на різну глибину, що впливає на схожість.

Тому, якщо підвищити швидкість руху агрегату, осипання ґрунту відбувається більш інтенсивно і зменшується глибина осідання сошника в ґрунт, що збільшить нерівномірність зароблення насіння (рис. 1.50).

Оцінку стійкості ходу сошника і впливу на неї його параметрів та швидкості руху можливо подати при дослідженні динаміки руху в ґрунті.

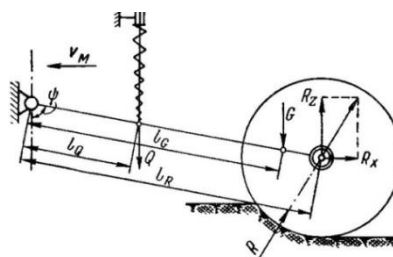


Рис. 1.50. Схема до виведення рівняння руху сошника.

Рівняння коливання сошника:

$$J\ddot{\psi} = Gl_0 \sin \psi - Rz l_R \sin \psi - R_x l_R \cos \psi + Ql_\alpha \sin \psi, \quad (40)$$

де J – час інерції маси сошника відносно підвіски; G – вага машини;

Rz та R_x – складові рівноваги R , сила опору ґрунту; Q – сила тиску пружини.

Виконання сівби зерною сівалкою повинно забезпечити головні агротехнічні вимоги з метою отримання високого врожаю, насамперед рівномірне розподілення насіння на підшві ґрунту на глибину, що забезпечуватиме максимальне використання вологи, поживних речовин та рівномірність викидання зернівок висівним апаратом.

Якщо оцінку рівномірності розподілення подати графічно (рис. 1.51), то матимемо криву лінію L , що характеризується ділянкою із різною кількістю зернівок або їх відсутністю.

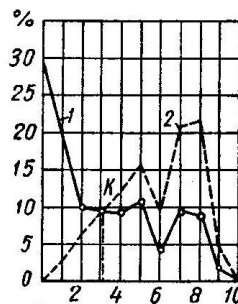


Рис. 1.51. Графік розподілення насіння на смузі (кількість зернівок)

Агротехнічними вимогами робочого способу сівби встановлено допустимі значення коефіцієнта варіації V (до 35 %), що являє собою відношення середньоквадратичного відхилення δ до середньої відстані $l_{\text{сер.}}$ між зернівками:

$$V = \frac{\delta}{l_{\text{сер.}}} . \quad (41)$$

Для встановлення критеріїв порівняльної оцінки розподілення насіння, а потім і рослини, на площі ґрунту необхідно провести багато досліджень для встановлення законів розподілення насіння в рядках при різних способах сівби.

Для оцінення зміни відстаней між окремими зернівками необхідно встановити закономірності розподілення (рис. 1.52).

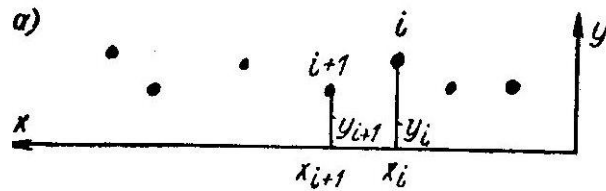


Рис. 1.52. Розподілення насіння

$$\Delta x = x_{i+1} - x_i; \quad \Delta y = y_{i+1} - y_i. \quad (42)$$

При гніздовій сівбі розподілення відстаней між центрами гнізд:

$$\Delta x = x_{icp+1} - x_{icp}; \quad \Delta y = y_{icp+1} - y_{icp}. \quad (43)$$

При рядковому способі сівби розподілення відстаней між центрами відрізків:

$$-i, i + 1, i + 2, i + 3 \text{ і т. д.}$$

Відповідно до існуючої методики, налагодження сівалки на середню глибину заробки насіння визначається за 10–5 вирахуваннями і відхиленнями, що допускається до 10–15 %.

У зв'язку з цим, як видно з рисунку 1.47, пунктирні лінії якісно відрізняються від суцільних, їх кут нахилу дотичної до вісі oy найбільший при $y = h$, а у суцільних – коли $y = 0$.

Між графіками не видно суттєвих відмінностей, але збільшення кута нахилу решета до 14° призвело до значного зростання руху зернової маси. У зв'язку з цим можна допускати, що швидкість руху зернівок, кут нахилу решіт впливають на пошкодження і травмування зернівок та якість насінневого матеріалу.

1.5. Висновки до розділу

1. Розглянувши будову зернівки, її анатомічні, морфологічні, фізико-механічні та біологічні особливості, необхідно запроваджувати шляхи здійснення головних агротехнологічних заходів, які позитивно впливатимуть на догляд та розвиток рослин зернових сільськогосподарських культур, сприяючи досягненню максимальної їх продуктивності.

2. Вивчивши особливості та будову зернівки окремих зернових культур, спостерігаємо між ними значні відмінності, що спричинює неабиякі складнощі

при збиранні, післязбиральному обробленні, підготовленні насіння та сівбі.

Адже через існуючі недосконалі технічні засоби, неможливість, а інколи невміння і неправильність застосування технологічних ліній при складному та довгому виробничому процесі, зернівки отримують значні травмування і руйнування і як результат – різке зниження якісних показників насіння, що сильно впливає на зниження урожайності та валових зборів зерна.

3. При виконанні технологічних процесів недосконалими технічними засобами та застарілими технологічними лініями і неправильними організаційними заходами збирання, оброблення зернового вороху, підготовлення насіння, транспортування, завантаження, протруєння та сівби виникають серйозні складнощі щодо забезпечення отримання насіння доброї якості, як запоруки і основи високих урожаїв і валових зборів зерна.

4. Зерно пшениці, жита, ячменю, рису та інших зернових сільськогосподарських культур відноситься до надзвичайно важливих, цінних та вкрай необхідних для життя і здоров'я людини продуктів харчування.

Висока цінність визначається тим, що до хімічного складу зернівки входять усі елементи, необхідні для харчування людини та підтримання її органів у задовільному стані. Це – білки, вуглеводи, жири, вітаміни, ферменти та мінеральні речовини.

Надзвичайно важливі агротехнологічні процеси збирання, підготовки насіння та його якість відіграють одну з головних ролей для отримання необхідної для людини урожайності.

Для отримання насіння високих посівних кондицій необхідно правильно застосовувати способи та системи технологічного обладнання, їх технічну підготовку і регулювання, машини і механізми стосовно умов і структури зернового вороху.

Якість продовольчого зерна і насіння повинна відповідати ваговим та вимірювальним параметрам відповідно до агротехнологічних вимог та базисних кондицій згідно з державними стандартними.

5. Протягом останніх років у нашій країні розроблено та затверджено цілий ряд стандартів і нормативно-правових актів, що регламентують усі основні показники і

параметри підготовки високої якості як продовольчого, так і насіннєвого матеріалу.

6. Необхідно домогтися зниження втрат, пошкодження та травмування насіння молотильними апаратами шляхом розроблення нових механіко-технологічних принципів інтенсифікації технологічних процесів, а не за рахунок збільшення їхніх розмірів та маси.

7. Аналіз значної кількості досліджень розвитку та впливу технологій і технічних засобів на травмування та якість насіння показує, що головним напрямком зниження втрат і пошкодження насіння є вдосконалення режимів роботи молотильних апаратів при збиранні зернових культур, поліпшення фракційної технології оброблення насіння з мінімальною кількістю машин і механізмів та найменшою їх довжиною, а також вдосконаленням і модернізацією транспортувальних, завантажувальних, протруювальних та посівних технічних засобів.

8. Узагальнення впливу протруювачів при проходженні процесів оброблення насіння хімічними препаратами з метою боротьби зі шкідниками та хворобами свідчить, що окремі робочі органи цих засобів також впливають на зростання травмування насіння.

9. Сівба як завершальний етап використання високоякісного насіння повинна забезпечити застосування таких способів та технічних засобів, які змогли б сприяти зниженню травмування насіння, оптимального розміщення зернівок на твердій підшві ґрунту для отримання високої польової схожості та сприятливих умов росту і розвитку рослин, що буде запорукою майбутнього високого урожаю. Для цього необхідно вирішити наступні задачі.

1.6. Задачі та програма досліджень

1) обґрунтувати та побудувати математичні моделі впливу робочих органів зернозбиральних агрегатів та насіннєочисних машин на ефективність і продуктивність роботи, деформацію, травмування та якість насіння;

2) запропонувати оптимальні режими роботи молотильних апаратів та очистки зернозбиральних комбайнів вітчизняного і закордонного виробництва на основі наукових, експериментальних та виробничих досліджень;

3) обґрунтувати на основі аналізу фізико-механічних властивостей насіння, використання математичних моделей ефективність очищення зернового вороху, фракційної технології розподілення та зниження їх впливу на травмування і якість насіння;

4) розробити математичну модель травмування зернівок при переміщенні поверхнями робочих елементів вібровідцентрового сепаратора;

5) обґрунтувати на основі математичних моделей травмування зернівок при транспортуванні і завантаженні насіння;

6) обґрунтувати на основі математичних моделей травмування зернівок при протруюванні насіння;

7) виготовити лабораторні, виробничі та експериментальні зразки і обладнання для підготовки насіння до і під час сівби, з метою зниження його травмування і покращення якості;

8) запропонувати нові інженерні та конструкційні рішення щодо зниження травмування зернівок і покращення якості насіння при його підготовленні на вібровідцентровому сепараторі та сівбі дисковим сошником зернової сівалки.

У відповідності до поставленої мети, визначених завдань, проведеного теоретичного аналізу та вагомого виробничого досвіду, в програму досліджень було включено такі питання:

1. Дослідити вплив робочих органів зернозбиральних, молотильних агрегатів на травмування і якість насіння.

2. Обґрунтувати ефективність оброблення зернового вороху для підготовки високоякісного насіння та його розподілення на фракції.

3. Дослідити вплив робочих органів вібровідцентрового сепаратора на деформацію зернівки.

4. Дослідити вплив робочих органів різних насіннеочисних машин на травмування і якість насіння.

5. Дослідити вплив робочих органів протруювачів на травмування і якість насіння.

6. Дослідити вплив робочих органів транспортувальних і завантажувальних технічних засобів на травмування та якість насіння.

7. Дослідити вплив робочих органів зернової сівалки на розподілення, травмування та якість насіння при сівбі.

8. Дати характеристику режимів роботи комбайнів для збирання урожаю зернових культур, на яких проводилися дослідження.

9. Дати характеристику режимів роботи насіннесочисних машин та технологічних ліній, за допомогою яких проводилося підготовлення насіння.

10. Охарактеризувати технічні засоби для протруювання насіння, на яких проводилися дослідження.

11. Охарактеризувати технічні засоби, якими проводилися транспортувальні та завантажувальні роботи, на яких проводилися дослідження.

12. Охарактеризувати зернопосівні сівалки з експериментальними робочими органами.

13. Охарактеризувати експериментальні та лабораторні установки і прилади, за допомогою яких проводилися дослідження.

14. Провести експериментальні, лабораторні та виробничі дослідження впливу технічних засобів та технологічних процесів на травмування, пошкодження мікроорганізмами і якість насіння при збиранні, підготовленні, завантаженні, протруюванні та сівбі.

15. Запропонувати шляхи зниження травмування насіння технічними засобами на різних стадіях технологічних процесів.

16. Запропонувати перспективи вдосконалення технічних засобів та технологічних процесів підготовлення високоякісного насіння при збиранні, обробленні зернового вороху, очищенні, калібруванні, транспортуванні, завантаженні, протруюванні та сівбі.

17. Запропонувати конструкційно-технологічні вдосконалення, розробки та інженерні рішення технічних засобів підготовлення високоякісного насіння та зниження його травмування на очищенні та сівбі.

18. Обґрунтувати техніко-економічну ефективність зниження травмування насіння при збиранні, підготовленні та сівбі.

РОЗДІЛ 2

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕХАНІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ТРАВМУВАННЯ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВІД ЗБИРАННЯ ДО СІВБИ

2.1. Дослідження впливу робочих органів зернозбиральних молотильних агрегатів на травмування і якість зернівки

При дослідженнях виявлено, що головні ділянки найбільшого травмування та подрібнення зернівок знаходяться в місцях, де різко змінюється вектор швидкості хлібної маси. У зв'язку з тим, що він може змінюватися як за величиною, так і за напрямком, то зона найбільшого травмування міститься у першій половині процесу обмолочування.

При порівнянні характеру першої половини обмолочування барабанними та роторними молотильними пристосуваннями стає очевидним, що ці ділянки значно «ощадливіші» у роторних молотарок, у зв'язку з чим мікротравмування та подрібнення зернівок у них значно менше, ніж у барабанних.

Травмування зернівок виникає від ударного імпульсу сили, який можна визначити за теоремою про зміну кількості руху при ударній взаємодії:

$$m\bar{V}_2 - m\bar{V}_1 = \bar{S}(t), \quad (1)$$

де $\bar{S}(t) = \int_{t_1}^{t_2} \bar{F}(t) dt$ – ударний імпульс,

$\bar{V}_1$ та $\bar{V}_2$ – вектори швидкості компонентів зернового вороху до і після проходження повз били.

У проекціях на осі декартової системи координат рівняння (1) має наступний вигляд:

$$\begin{cases} mV_{2x} - mV_{1x} = S_x(t) \\ mV_{2y} - mV_{1y} = S_y(t) \end{cases}, \quad (2)$$

При обмолочуванні хлібної маси барабанним молотильним агрегатом початковий шлях зернівки спрощено можна подати згідно з рисунком 2.3.

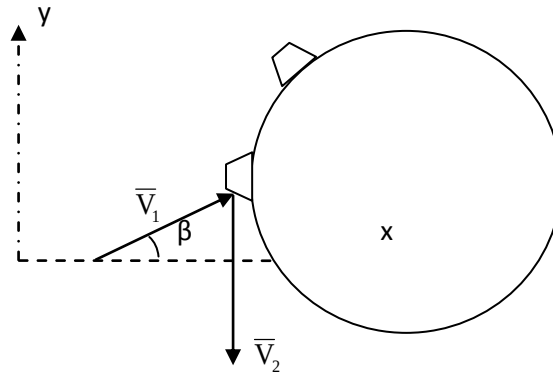


Рис. 2.3. Схема зміни швидкості руху зернівок при барабанному обмолочуванні

У такому випадку система (2) матиме вигляд:

$$\begin{cases} 0 - V_1 \cdot \cos\beta = S_x/m \\ -V_2 - V_1 \cdot \sin\beta = S_y/m \end{cases}, \quad (3)$$

де β – кут поступання зернового вороху у барабан.

У такому разі

$$S/m = \sqrt{V_1^2 \cos^2\beta + V_2^2 + V_1^2 \sin^2\beta + 2V_1V_2 \sin\beta} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + 2V_1V_2 \sin\beta}, \quad (4),$$

а враховуючи, що V_2 дорівнює вектору колової швидкості $V_{\text{кол.}}$:

$$S/m = \sqrt{V_1^2 + V_{\text{кол.}}^2 + 2V_1V_{\text{кол.}} \sin\beta} \quad (5)$$

При обмолочуванні хлібної маси роторним молотильним агрегатом початковий шлях руху зернівки спрощено можна надати наступним чином (рис. 2.4).

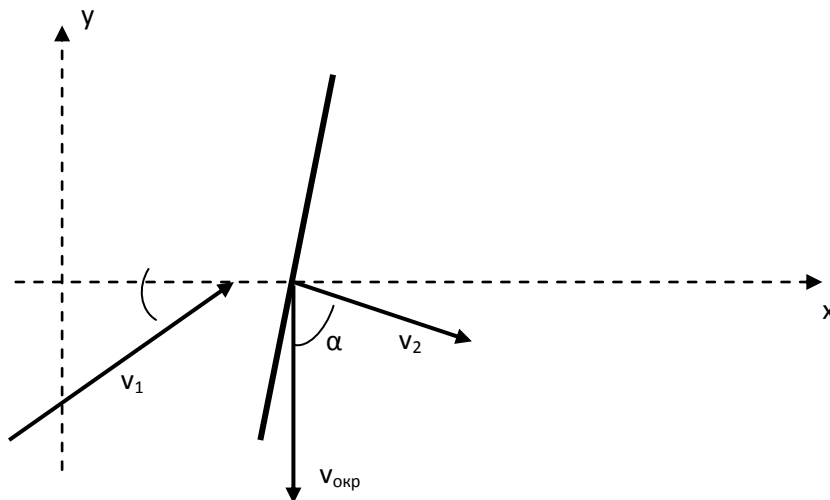


Рис. 2.4. Схема зміни швидкості руху зернівок при роторному обмолочуванні

У цьому випадку система (2) матиме наступний вигляд:

$$\begin{aligned} V_2 \sin \alpha - V_1 \cos \beta &= S_x / m \\ -V_2 \cos \alpha - V_1 \sin \beta &= S_y / m. \end{aligned} \quad (6)$$

Тоді

$$\begin{aligned} S/m &= \sqrt{V_2^2 \sin^2 \alpha + V_1^2 \cos^2 \beta - 2V_1 V_2 \sin \alpha \cdot \cos \beta + V_2^2 \cos^2 \alpha + V_1^2 \sin^2 \beta +} \\ &\sqrt{+2V_1 V_2 \sin \beta \cdot \cos \alpha} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 (\sin \alpha \cdot \cos \beta - \sin \beta \cdot \cos \alpha)} = \\ &= \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 \sin (\alpha - \beta)} \end{aligned} \quad (7)$$

Враховуючи, що $V_2 = V_{\text{кол}} \cdot \cos \alpha$, отримаємо:

$$S/m = \sqrt{V_1^2 + V_{\text{кол}}^2 \cdot \cos^2 \alpha - 2V_1 V_{\text{кол}} \cos \alpha \cdot \sin (\alpha - \beta)} \quad (8)$$

де α – кут зміни руху зернового вороху у роторі.

Відношення Р імпульсів ударяння на першій половині обмолочування барабанним агрегатом до роторного дорівнюватиме:

$$P = \frac{V_1^2 + V_{\text{кол}}^2 + 2V_1 V_{\text{кол}} \sin \beta}{V_1^2 + V_{\text{кол}}^2 \cdot \cos^2 \alpha - 2V_1 V_{\text{кол}} \cos \alpha \cdot \sin (\alpha - \beta)} \quad (9)$$

З цієї формули очевидна значна перевага імпульсного ударяння при барабанному обмолочуванні над роторним.

На підставі експериментальних досліджень різних видів комбайнів з молотильними агрегатами барабанного та роторного типів отримали результати, які наведені в таблицях 2.2 та 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 (x , об/хв).

Таблиця 2.1

Барабанний молотильний агрегат

x	600	700	750	800	820	900	980
y_2	0,81	0,82	1,38	1,46	3,30	4,65	6,17
y_1	26,4	26,9	28,40	31,22	36,60	42,40	52,70

Таблиця 2.2

Роторний молотильний агрегат

x	600	700	750	800	840	900	980
y ₂	0,08	0,18	0,22	0,24	0,75	0,95	2,10
y ₁	21,40	23,30	24,55	26,37	28,37	30,14	31,95

На рисунку 2.5 подані графічні залежності відсоткового відношення подрібнення зернівки молотильними агрегатами барабанного та роторного типів в залежності від частоти обертання.

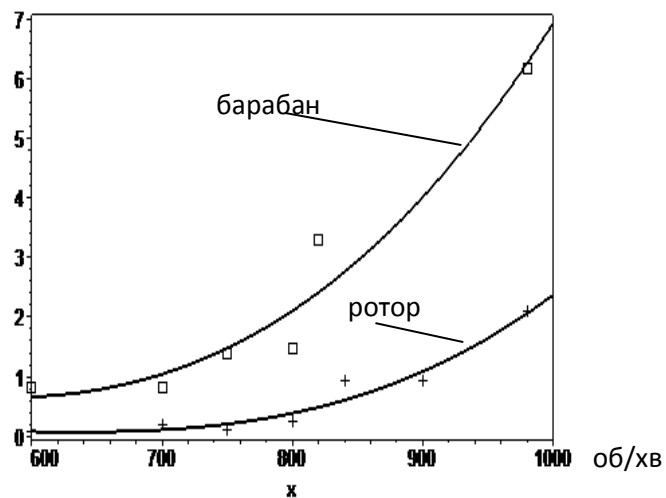


Рис. 2.5. Залежність відсоткового відношення подрібнення зернівки від частоти обертання.

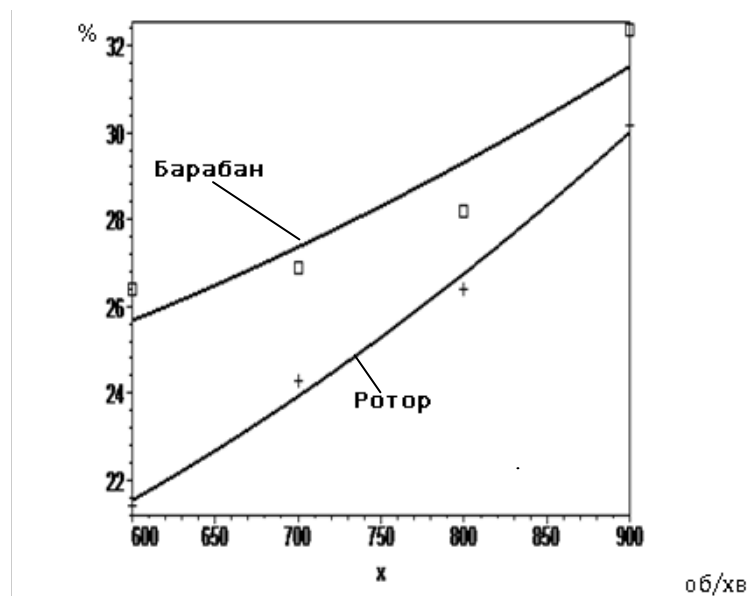


Рис. 2.6. Залежність відсоткового відношення мікротравмування зернівки від частоти обертання.

Графічні залежності відсоткового мікротравмування зернівок молотильними агрегатами барабанного та роторного типів у залежності від частоти обертання зображено на рисунку 2.6.

Таким чином, теоретичний розрахунок та графічні залежності мікротравмування і подрібнення зернівок підтверджують експериментально-виробничі дослідження, що при застосуванні барабанних молотильних агрегатів, у порівнянні з роторними, ці показники значно вищі, тобто травмування і подрібнення насіння озимої пшениці та жита при збиранні роторними комбайнами значно менше, а відтак якість насіння краща.

2.2. Дослідження впливу робочих органів насінносочисних машин на очищення, розподілення, деформацію, травмування і якість насіння

2.2.1. Моделювання динаміки травмування насіння від багаторазових механічних впливів при післязбиральному його підготовленні

При проходженні насіння по основних конструктивних елементах вібровідцентрового сепаратора, що виконують конкретну технологічну функцію, в процесі очищення і сепарації насіння травмується, а кількість нетравмованого насіння після кожної i – тої технологічної операції буде зменшуватись.

Очевидно, що кількість нетравмованого насіння після i – тої операції буде дорівнювати :

$$X_i = X_{i-1} \cdot P_i \quad (1)$$

де X_{i-1} – кількість нетравмованого насіння до i -тої операції;

X_i – кількість нетравмованого насіння після i -тої операції;

P_i – ймовірність збереження нетравмованого насіння в процесі i -тої операції.

З фізичної точки зору P_i – це частина в долях одиниці нетравмованого

насіння, яка залишається після i – тої операції у кількості X_{i-1} насіння, що є в наявності до i -тої операції.

Значення ймовірності P_i залежить у найбільш загальних рисах від наступних подій: ймовірності P_p контакту із ймовірністю P непошкодженого насіння з поверхнею тертя при заповненні робочого простору; ймовірності P_v співударяння насіння, яке рухається зі швидкістю V , з робочими елементами конструкції під час виконання технологічного процесу; ймовірності P_L при проходженні шляху довжиною L по елементах конструкції з наявністю тертя або співударяння насіння з цими елементами.

Очевидно, що розглянуті дії є незалежними одна від одної, а тому результуюча ймовірність P_i нетравмування насіння є добутком ймовірностей нетравмування насіння у вищезазначених подіях, тобто:

$$P_i = P_p \cdot P_v \cdot P_L, \quad (2)$$

де P_p, P_v, P_L – ймовірності нетравмування насіння відповідно після його контакту з поверхнями робочих елементів із ймовірністю P при заповненні робочого простору, співударяння насіння зі швидкістю V з робочими елементами конструкції, транспортування насіння на величину шляху L .

Очевидно, що поява однієї з вищезазначених дій ніяк не впливає на ймовірність появи інших дій у подальшому, а тому протікання таких дій можна розглянути як просте (пуассонівське) протікання дій.

Тому ймовірність появи цих дій можна обчислювати за наступними виразами:

$$P_p = e^{-\lambda_1 P}, \quad (3)$$

$$P_v = e^{-\lambda_2 V}, \quad (4)$$

$$P_{KL} = e^{-\lambda_3 KL}, \quad (5)$$

де $\lambda_i = \frac{1}{m_i}$ – інтенсивність потоків, що розглядаються;

m_i – математичне сподівання величини, що розглядається;

k – коефіцієнт, що показує, яка частина матеріалу від всієї маси, що подається на оброблення, переміщується на величину L .

Коефіцієнт k дорівнює відношенню маси основного потоку до всієї маси насіння, що переміщується при виконанні технологічного процесу:

$$k = \frac{m_{\text{осн.}}}{m_{\text{заг.}}} = \frac{m_{\text{заг.}} - m_c}{m_{\text{заг.}}} = 1 - G, \quad (6)$$

де m_c – маса насіння, що потрапила у зворотне обсіпання; $m_{\text{заг.}}$ – загальна маса насіння;

G – величина зворотного обсіпання насіння (в долях одиниці),

$$G = \frac{m_c}{m_{\text{заг.}}}.$$

Визначимо далі ймовірність P контакту нетравмованого насіння з поверхнею тертя (поверхнею елемента конструкції машини) при заповненні насінням робочого простору. Нехай ймовірність контакту насіння з даним елементом конструкції дорівнює P_1 , а ймовірність перебування нетравмованого насіння у потоці дорівнює P_2 . По суті P_2 – це частина нетравмованого насіння у потоці, виражена у долях одиниці.

Тоді очевидно, що ймовірність P контакту нетравмованого насіння з поверхнею елемента конструкції буде дорівнювати добутку ймовірності контакту P_1 з цією поверхнею і ймовірності P_2 перебування нетравмованого насіння у потоці насіння, тобто:

$$P = P_1 \cdot P_2. \quad (7)$$

Якщо, наприклад, вміст нетравмованого насіння у потоці, що поступає на i -ту операцію, дорівнює X_{i-1} , який виражений в долях одиниці, то очевидно, що

$$P_2 = X_{i-1}. \quad (8)$$

Стосовно значення ймовірності P_1 , то вона залежить від конструктивних і режимних параметрів робочих і транспортуючих елементів і в кожному конкретному випадку повинна визначитися з урахуванням цих параметрів, що являє собою не зовсім просту задачу.

Тепер, враховуючи вирази (2)–(5), визначаємо ймовірність P_i нетравмування насіння на i – тій операції:

$$P_i = e^{-\lambda_1 P} \cdot e^{-\lambda_2 V} \cdot e^{-\lambda_3 kL},$$

або

$$P_i = e^{-\lambda_1 P - \lambda_2 V - \lambda_3 kL}.$$

Враховуючи далі вираз (7), отримуємо:

$$P_i = e^{-\lambda_1 P_1 P_2 - \lambda_2 V - \lambda_3 kL}. \quad (9)$$

Якщо ж вміст нетравмованого насіння у потоці, що поступає на i – ту операцію, дорівнює X_{i-1} , і цей вміст виразити у долях одиниці, то, враховуючи (8), матимемо:

$$P_i = e^{-\lambda_1 P_1 X_{i-1} - \lambda_2 V - \lambda_3 kL}. \quad (10)$$

Далі, враховуючи вирази (1) і (9) можна визначити вміст нетравмованого зерна після i – тої операції:

$$P_i = X_{i-1} e^{-\lambda_1 P_1 P_2 - \lambda_2 V - \lambda_3 kL} \quad (11)$$

Із виразу (11) видно, що від операції до операції вміст нетравмованого насіння зменшується згідно з експоненціальним законом, причому, значення λ_i , $i=1, 2, 3$ можуть бути визначені методами теорії ймовірностей і математичної статистики.

Враховуючи вираз (10), залежність (11) набуває наступного вигляду:

$$X_i = X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P_1 X_{i-1} - \lambda_2 V - \lambda_3 kL} \quad (12)$$

При цьому слід завжди пам'ятати, що у виразі (12) величина X_{i-1} , яка має бути у показнику степеня числа e , виражена у долях одиниці, в той час як величини X_i і X_{i-1} , які містяться не в степені числа e , а просто є співмножниками виразу (12), можуть бути виражені в абсолютних величинах.

Якщо усі величини X_i і X_{i-1} , що входять у вираз (12), виражені у долях одиниці, то можна визначити вміст T_i травмованого насіння у долях одиниці як дію, протилежну дії нетравмування насіння:

$$T_i = 1 - X_i,$$

або враховуючи вираз (12):

$$T_i = 1 - X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P_1 X_{i-1} - \lambda_2 V - \lambda_3 kL} . \quad (13)$$

Цю величину також можна визначити у відсотках:

$$T_{imp} = \left(1 - X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P_1 X_{i-1} - \lambda_2 V - \lambda_3 kL} \right) \cdot 100 . \quad (14)$$

Отримана залежність (14) може бути використана при визначенні рівня травмування насіння будь-якими елементами конструкції машини, які беруть участь у технологічному процесі і, в загальному підсумку, будь-якими елементами ліній післязбирального оброблення насіння.

Розглянемо основні випадки травмування насіння при його русі по робочих елементах вібровідцентрового сепаратора.

При русі насіння у пневмокамері вирішальне значення на травмування насіння має ймовірність його контакту з поверхнями тертя чи співударяння, а також і швидкість співударяння. Тому в цьому випадку вміст травмованого насіння у відсотках після проходження простору пневмокамери буде дорівнювати:

$$T_{imp} = \left(1 - X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P_1 X_{i-1} - \lambda_2 V} \right) \cdot 100 . \quad (15)$$

При падінні насіння з розкидача-розподільника на решета основний вплив також будуть мати ймовірність його контакту з поверхнею решіт (така ймовірність близька до одиниці), а також швидкісне співударяння з поверхнею решіт, а тому вміст травмованого насіння після потрапляння на поверхню решіт також буде визначатися за виразом (15) або, враховуючи, що $P_1 \approx 1$, отримуємо:

$$T_{imp} = \left(1 - X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 X_{i-1} - \lambda_2 V} \right) \cdot 100 , \quad (16)$$

де V – швидкість ударної взаємодії потоку насіння з поверхнею решета.

При русі насіння вздовж поверхні решіт основну роль буде відігравати швидкість V ударної взаємодії насіння з отворами решіт у процесі сепарації, а також протяжність L переміщення насіння по поверхні решіт з наявністю його тертя і співударяння з поверхнею решіт. Тому вираз для визначення вмісту травмованого насіння у відсотках у цьому випадку матиме вигляд:

$$T_{imp} = \left(1 - X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_2 V - \lambda_3 L} \right) \cdot 100 . \quad (17)$$

У цьому випадку коефіцієнт $k = 1$, тобто $\lambda_3 k L = \lambda_3 L$, означає, що зворотне обсіпання насіння відсутнє (потік насіння по решетах рухається, в основному, вниз).

І, нарешті, при русі насіння по самотічних лотках основну роль у травмуванні насіння відіграє ймовірність його контакту з поверхнями тертя або співударяння, а також протяжність L самого травмування насіння без зворотного обсіпання.

Тому відсоток травмованого насіння в цьому випадку буде визначений за наступним виразом:

$$T_{imp} = \left(1 - X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P_1 X_{i-1} - \lambda_3 L} \right) \cdot 100. \quad (18)$$

Розглянемо також рівень травмування насіння основними елементами ліній післязбирального підготовлення.

При транспортуванні насіння норією або ковшовим транспортером деяка частина, що дорівнює величині зворотного обсіпання G , яка під дією відцентрової сили притискається до зовнішньої стінки ковша у момент сходження з барабана, викидається у башмак з висоти L . Тому при підрахуванні травмування зернівок норією формула (14) набуває наступного вигляду:

$$T_{imp} = \left(1 - X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P_1 X_{i-1} - \lambda_2 V - \lambda_3 K L} \right) \cdot 100. \quad (19)$$

При транспортуванні насіння скребковим або шнековим транспортером, очевидно, можна вважати, що зворотне обсіпання відсутнє, тобто $G=0$, $k=1$, а тому вираз для визначення відсотка травмованого насіння у цьому випадку набуває наступного вигляду:

$$T_{imp} = \left(1 - X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P_1 X_{i-1} - \lambda_2 V - \lambda_3 L} \right) \cdot 100, \quad (20)$$

де L – довжина транспортера.

Для тихохідних транспортувальних елементів, де швидкість транспортування значно менша швидкості удару, при якій починається травмування насіння, можна знехтувати величиною $\lambda_2 V$ і тому в цьому випадку вирази (19) і (20) набувають більш простого вигляду:

$$T_{imp} = \left(1 - X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P_1 X_{i-1} - \lambda_3 K L} \right) \cdot 100, \quad (21)$$

$$T_{imp} = \left(-X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P X_{i-1} - \lambda_3 L} \right) \cdot 100. \quad (22)$$

При транспортуванні насіння стрічковим транспортером будемо вважати, що відносне проковзування матеріалу на транспортувальній стрічці відсутнє, тобто $V=0$ (швидкість матеріалу відносно стрічки) і $L=0$ (матеріал на стрічці нерухомий). Тоді вираз (14) для підрахунку кількості травмованого насіння після стрічкового транспортера набуває наступного вигляду:

$$T_{imp} = \left(-X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P X_{i-1}} \right) \cdot 100. \quad (23)$$

При транспортуванні насіння по самотічних трубопроводах з великої висоти вирішальний вплив на травмування зернівок справляє як ймовірність його контакту з поверхнями тертя чи співударяння, так і швидкість співударяння, тому вміст травмованого насіння у відсотках після транспортування по самотічному пристрою буде дорівнювати:

$$T_{imp} = \left(-X_{i-1} \cdot e^{-\lambda_1 P X_{i-1} - \lambda_2 V} \right) \cdot 100 \quad (24)$$

Таким чином, розглянуті вище основні випадки моделювання динаміки травмування зернівок при русі по робочих елементах конструкції вібровідцентрового сепаратора, а також по основних конструкціях транспортувальних і завантажувальних елементів технологічних ліній післязбирального оброблення та підготовки насіння показують можливість його травмування від багаторазових механічних навантажень.

2.2.2. Обґрунтування ефективності очищення та розподілення зернового вороху на фракції при підготовленні насіння

Озима пшениця та жито займають великі площі посіву в структурі зернових культур, що потребує підготовки значної кількості високоякісного насіння для забезпечення гарантованого отримання високих урожаїв.

При аналізі певних партій насіння цих культур виявилось, що вони, в основному, засмічуються такими культурами та бур'янами, як овес, ячмінь, пирій повзучий, пікуль звичайний, васильок польовий, сокирки польові, берізка польова, талабан польовий, лобода біла, гірчиця польова, підмаренник

звичайний, а останнім часом зустрічається навіть вівсюг звичайний та ін., про що свідчать дослідження Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенка, В. І. Оробінського [129, 130].

Аналіз фізико-механічних властивостей насіння озимого жита показує, що при очищенні у пневмосепарувальних каналах насіннеочисних машин при швидкості руху шару зернівок 8–8,5 м/с, можливого їх витання, відбуваються відокремлення одночасно з якісними зернівками також насіння бур'янів сокирок польових, лободи звичайної, жабрію звичайного, підмаренника звичайного, редьки дикої, пирію повзучого та інших (рис. 2.7).

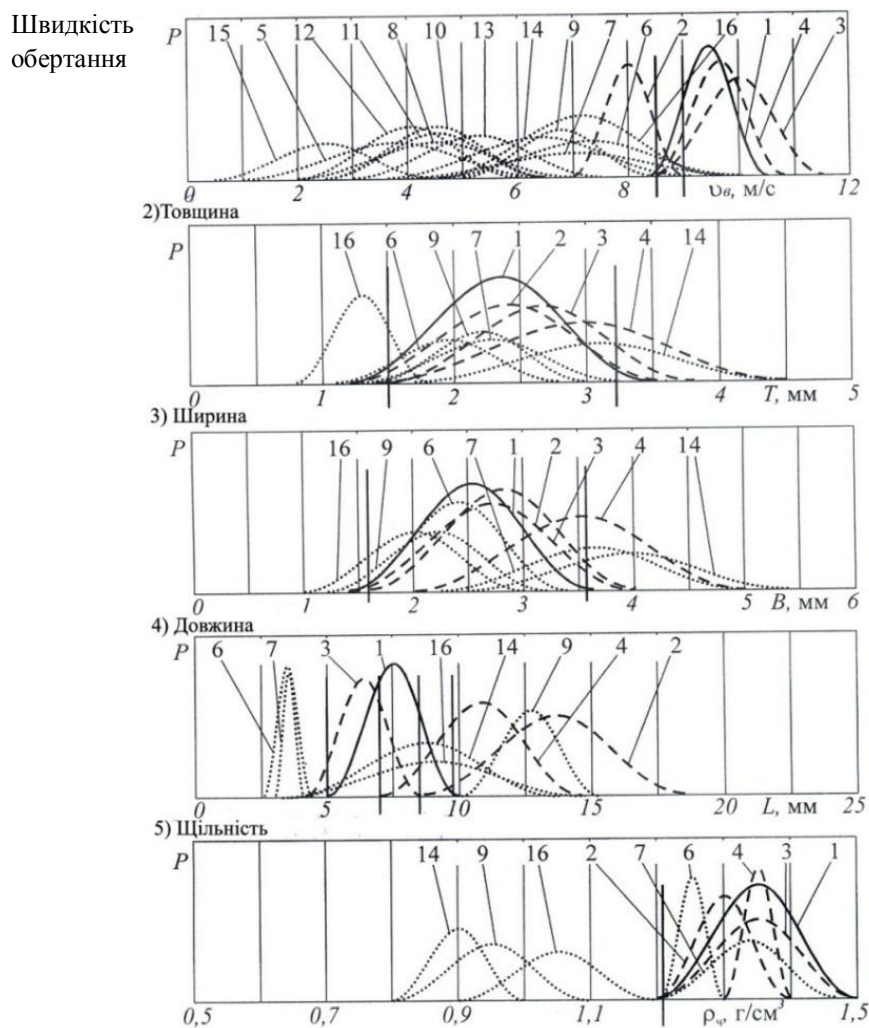


Рис. 2.7. Швидкість витання насіння озимого жита, пшениці та інших рослин:

- 1 – озиме жито; 2 – овес; 3 – озима пшениця; 4 – ячмінь; 5 – сокирки польові;
6 – берізка польова; 7 – талабан польовий; 8 – лобода біла;
9 – вівсюг звичайний.

Як відомо, дуже складно відокремити зернівки пшениці або ячменю від жита.

При проходженні технологічного процесу, якщо швидкість руху зернового вороху та витання зернівок збільшувати до 9–9,5 м/с, то деякі частини зернівок вівса, вівсюга, ячменю та інших культур можуть відокремлюватися, але водночас значно зростатиме кількість відокремлення високоякісного, повноцінного насіння у відходи (в межах 10–15 %, інколи і більше).

Аналіз фізико-механічних властивостей насіння озимого жита на предмет наявності в ньому насіння, що важко відокремлюється за аеродинамічними особливостями показав, що, враховуючи відмінності зернівок за товщиною, після застосування решета з продовгуватими отворами шириною 3,2 мм відокремлювались близько 20 % зернівок пшениці, близько 40 % ячменю, близько 40 % редьки дикої, деяка частина в'юнка польового і гірчиці польової.

При застосуванні ж решета з круглими отворами діаметром 3,6 мм можливе відокремлення в межах 50 % зернівок ячменю, 70 % редьки дикої, 50 % талабану польового, значної частини вівсюга і пшениці.

Аналіз насіннєвих партій озимої пшениці показує, що в основному засмічення відбувається зернівками ячменю, вівса та насінням бур'янів берізки польової, вівсюга, редьки дикої, підмаренника звичайного, талабану польового, лободи звичайної, сокирок польових, осоту польового, гірчиці польової.

Стан фізико-механічних властивостей насіння пшениці (рис. 2.8.) та інших рослин показує, що у пневмосепарувальних каналах насіннеочисних машин при швидкості руху і витання 8 м/с з мінімальними відходами відокремлюється насіння сокирок польових, лободи звичайної, осоту польового, підмаренника звичайного, редьки дикої, вівсюга, берізки польової, осоту польового, вівса та інших.

Надзвичайно складно відокремлювати зернівки жита і ячменю.

При збільшенні швидкості руху шару насіння і витання зернівок у межах 9 м/с і більше можливе повне відокремлення насіння вівсюга, вівса, осоту польового, але при цьому випадання доброякісного насіння у відходи зросте до 10 % і більше.

Аналіз фізико-механічних властивостей насіння пшениці на стан засміченості його іншим насінням показує, що повністю неможливо відокремити його за аеродинамічними властивостями.

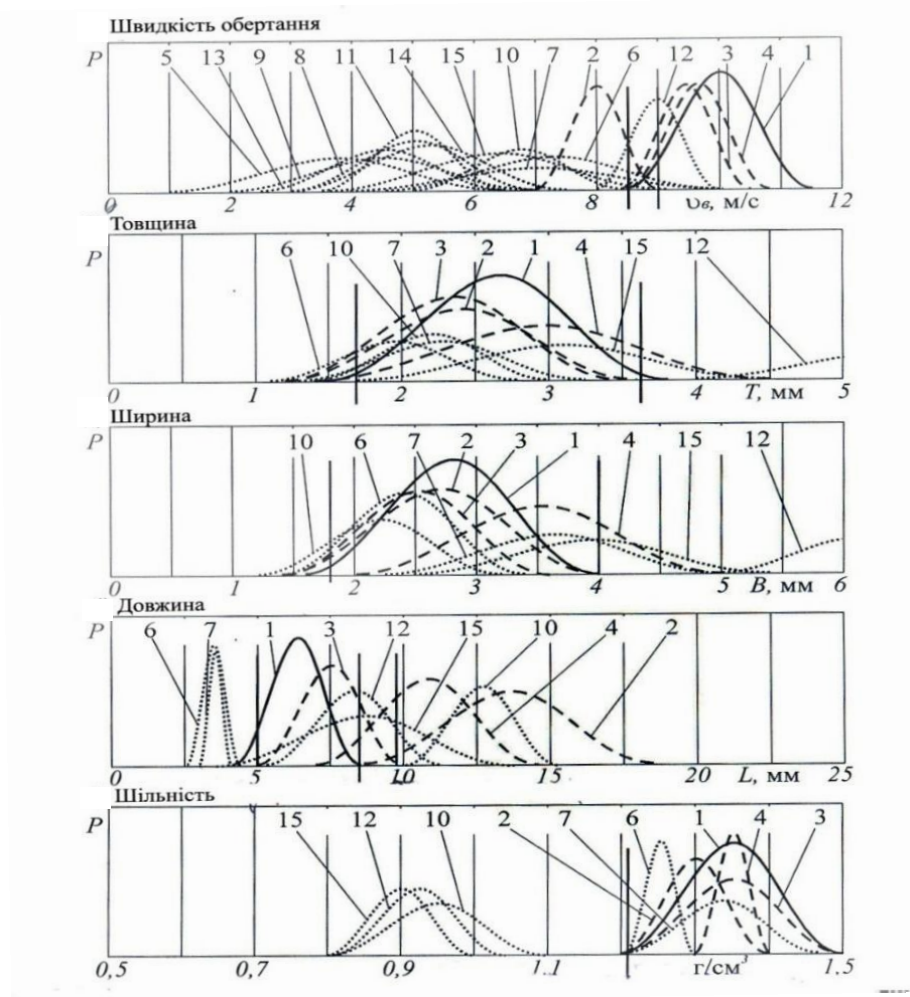


Рис. 2.8. Фізико-механічні властивості насіння пшениці та інших рослин:

1 – пшениця; 2 – овес; 3 – берізка польова; 4 – ячмінь; 5 – сокирки польові;
6 – в'юнок польовий; 7 – талабан польовий; 8 – конюшина повзуча; 9 – лобода біла; 10 – вівсюг звичайний; 11 – осот польовий; 12 – гірчиця польова; 13 – пирій повзучий; 14 – редька дика; 15 – редька дика в стручках.

Результати такого аналізу показали, що засмічення пшениці відбувалося в переважній кількості зернівками ячменю, вівса, жита, берізки польової, редьки дикої, вівсюга, талабана польового, підмаренника звичайного, лободи звичайної, сокирок польових, осоту польового.

Враховуючи відмінності між зернівками пшениці та іншим насінням за товщиною, при проходженні його через решета з продовгуватими отворами

шириною 3,6 мм у межах можливих втрат якісного насіння у відходи відокремлюються із насіння пшениці майже 20–25 % зернівок ячменю та стручків редьки дикої, а також голівки осоту польового.

А на решеті з круглими отворами діаметром 4,0 мм після просіювання відокремлюються повністю головки осоту, в межах 25–30 % відокремлюються зернівки ячменю, більше половини стручків редьки дикої, 25–30 % насіння талабану польового, а з меншим діаметром отворів – також насіння вівсюга, берізки польової, незначна частина зернівок жита і вівса.

При очищенні насіння пшениці на циліндричних трієрах з діаметрами комірок 5,0 і 8,5 мм можливо відокремити насіння вівса, ячменю, жита, вівсюга, берізки польової, талабану польового, головки осоту польового і більше половини стручків редьки дикої.

Аналізуючи фізико-механічні властивості насіння пшениці, жита і ячменю за швидкістю руху, витання, довжиною, товщиною, шириною, щільністю та іншими ознаками, можна зробити висновок, що вони мають значну подібність, тобто зовсім незначну різницю, а тому їх повне розділення при використанні поточних технологій і технічних засобів з урахуванням можливих допустимих відокремлень або втрат у відходи якісних, дозрілих, виповнених зернівок – дуже складний процес або, точніше, навіть практично неможливий. Адже якщо такі відокремлення зростають, то спостерігаємо втрати високоякісного, першокласного насіння. Коли ця кількість переважає понад 10 %, то, з точки зору господарської і фінансової доцільності, це недопустимо.

Необхідно зазначити, що неможливість видалити із насіннєвого матеріалу значну кількість засмічувачів і насіння бур'янів, що надалі при травмуванні зернівок спричинюватиме пошкодження мікроорганізмами та різке зниження якості насіння, свідчить про неефективність пневмосистем, решітних станів насіннеочисних машин і трієрних циліндрів.

Фракційна технологія оброблення зернового вороху за найважливішими суттєвими ознаками полягає в її розподіленні на такі фракції: основну, що включає насіннєву, товарну та продовольчу; фуражну і відходи, причому, такий розподіл за

якимось одним показником може здійснюватися за певних умов на різних режимах роботи технічних засобів.

За основну ознаку фракціонування відбирають таку, коли є можливість на найбільш ранній стадії оброблення зернової маси відділити найбільшу її частину, непридатну для основного призначення, яка надалі, з урахуванням кореляційних зв'язків, ознак, які застосовуються при фракціонуванні, може бути відокремлена за іншими ознаками.

Таким чином частина зернової маси, непридатної на насіння, надалі розділяється на товарні, продовольчі, фуражні, тобто кормові цілі, для годівлі тварин та птиці або відокремлюється у фракцію відходів.

Розрахунки результатів розподілення зернової купи озимої пшениці, в залежності від показників фракціонування, при проведенні повного розділення наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

**Розділення зернового вороху озимої пшениці в залежності
від показників фракціонування**

Фракції (зернівка)	Швид- кість повітря, м/с	Ширина отворів решета, мм	Основ- на фрак- ція	Фуражна фракція	Канал аспі- рації	Розподі- лення решетами
Товщина, мм	7,5	2,4	0,76	0,24	0,85	0,13
		2,6	0,66	0,34	0,71	0,26
Швидкість, м/с	7,5	2,4	0,76	0,24	1,0	0,04
		2,6	0,66	0,34	1,0	0,13

В якості головного показника якості фракціонування в першому випадку розглядалась товщина зернівок, а тому були підібрані решета з шириною отворів 2,4 і 2,6 мм, у другому випадку за основний показник фракціонування бралася швидкість руху та обертання-кружляння, витання зернівок, а тому була підібрана швидкість руху в пневмосепарувальному каналі 7,5 м/с.

Дані таблиці свідчать, що використання товщини зернівок і сортувальних решіт як робочих органів для здійснення розподілу є більш оптимальним ніж швидкість руху в каналі.

Наведені дані також показують, що між товщиною зернівок оброблюваного вороху та швидкістю їх руху і обертання-кружляння, витання існує тісний взаємозв'язок. Для підтвердження цього зв'язку було проведено розрахунок середньої швидкості за товщиною для кожного класу, який свідчить про те, що середня швидкість руху зернівок зростає зі збільшенням їх товщини згідно з квадратичною залежністю. Тобто зернівки найбільшої товщини розміром 2,6–3,4 мм мають найбільшу швидкість руху та витання – в межах 8,0–9,5 м/с. Відповідно меншу швидкість руху та витання 5,0–7,0 м/с мають зернівки товщиною від 1,6 до 2,4 мм. Це є підставою для припущення, що значна частина дрібних, щуплих, легких за масою зернівок можуть виділятися за товщиною та за аеродинамічними ознаками (рис. 2.9).

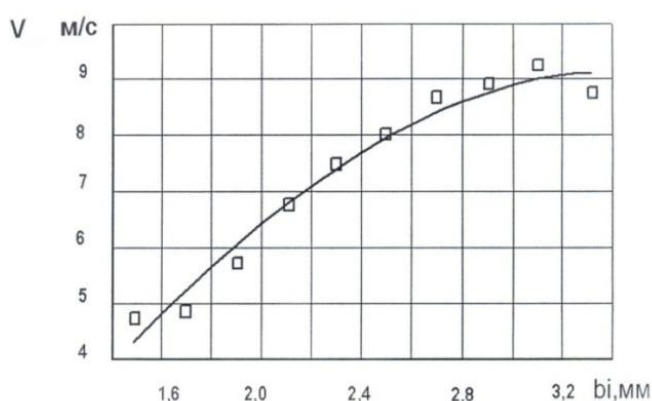


Рис. 2.9. Залежність середньої швидкості руху зернівок та їх витання в початковому стані зернового вороху при очищенні.

Залежність середньої швидкості руху та обертання-витання зернівок від їх товщини можна подати у вигляді квадратичного рівняння регресії з коефіцієнтом кореляції $R=0,98$: $V_{ic} = -6,3325 + 9,1285 \cdot b_i - 1361 \cdot b_i^2$, м/с.

Таким чином, одночасно із даними середньої швидкості руху і обертання зернівок дуже важливою характеристикою є середньоквадратичне відхилення.

Дані про відхилення на початку оброблення зернового вороху, в залежності від їх товщини, наведено на рисунку 2.10.

Дрібніші зернівки з товщиною $b_i=1,6-2,4$ мм мають меншу можливість до значної різниці в певних межах швидкості руху, що обумовлює можливість їх кращого відокремлення при підбиранні відповідних розмірів сортувальних решіт та швидкості повітряного потоку в пневмосепарувальному каналі.

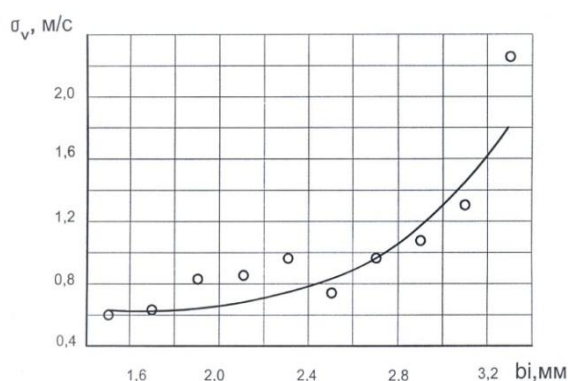


Рис. 2.10. Залежність середньоквадратичних відхилень середньої швидкості руху і обертання-кружляння зернівок початкового вороху від їх товщини.

Значні відхилення швидкості руху і витання у межах $\sigma_y= 0,1-2,5$ м/с спостерігаються у зернівок, які мають велику товщину, $b_i= 2,6-3,4$ мм, що підтверджує наявність у зерновій масі крупних, але легких зернівок, тобто щуплих недорозвинених, а також інших незернових легких компонентів, які можна відокремити тільки за допомогою повітряного потоку в пневмосепарувальному каналі.

Зміна коефіцієнта кореляції від впливу швидкості руху та обертання і товщини зернівок зернової купи озимої пшениці підпорядковується квадратичній залежності і подана у вигляді наступного рівняння регресії:

$$R_{vb}=-0,51-0,0406 \cdot b+0,1219 \cdot v+0,1115 \cdot b \cdot v-0,0315 \cdot v^2.$$

Аналіз наданих даних свідчить про те, що коефіцієнт кореляції збільшується зі зростанням розмірів зернівок і швидкості їх витання для кожної їх товщини. Спостерігається максимальна величина кореляційного зв'язку при певних швидкостях руху і витання. Внаслідок зростання товщини зернівок цей показник збільшується і зміщується в бік вільної швидкості руху, а саме: при товщині зернівок руху 1,6–1,8 мм максимум коефіцієнта кореляції 0,05–0,17

відповідає швидкості 4,0 м/с, при товщині зернівок 2,0–2,2 мм максимум коефіцієнта кореляції 0,299–0,393 відповідає швидкості 4,95 м/с, а при товщині зернівок 2,4–2,6 мм максимум коефіцієнта кореляції 0,545–0,683 відповідає швидкості руху 6,5–7,5 м/с, при товщині 2,8–3,0 мм відповідає швидкості руху 8,1–8,5 м/с.

Таким чином, кожному розміру комірок сортувального решета відповідає своя швидкість повітряного потоку в каналі аспірації. Внаслідок підбирання цих параметрів можна досягнути найбільш потрібного відокремлення легких за вагою, щуплих і недорозвинених зернівок і отримання основної фракції з кращим вирівнюванням отриманих зернівок за товщиною та швидкістю руху.

На рисунку 2.11. показано графічну залежність коефіцієнта кореляції швидкості руху і витання зернівок вороху озимої пшениці від зміни цих параметрів.

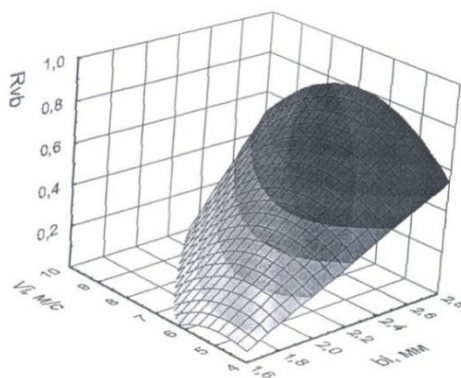


Рис. 2.11. Залежність коефіцієнта кореляції від швидкості руху і товщини зернівок.

Для виділення фракцій основної і фуражної, насіння відокремлювалось окремо: сортувальними решетами та повітряним потоком; виникає припущення, що розподілення зернівок початкового зернового вороху за товщиною на основну і фуражну фракції після розподілу на решетах підпорядковується закону нормального розподілення, враховуючи математичні ймовірності товщини зернівок початкового вороху та швидкості їх руху в основній і фуражній фракціях, а також середньоквадратичні відхилення товщини зернівок і швидкості їх руху в основній і фуражній фракціях та ймовірність потрапляння зернівок у передбачені інтервали.

З цією метою проводилося дослідження з розподілення зернового вороху

озимої пшениці на решітному класифікаторі з певною кількістю решіт із повздовжніми отворами і кроком різних розмірів 0,2 мм на два варіанти.

Частоту кожного варіанта визначали за формулою:

$$P_{bi} = \frac{m}{\sum_{i=1}^n m_i} = \frac{m}{m_i}, \quad (1)$$

де m_i – маса зернівок на кожному решеті після розподілення, кг;

n – кількість решіт, шт.; m – маса наважки зернового вороху, кг.

Середню товщину зернівок до оброблення визначали за формулою:

$$M_b = \sum_{i=1} b_{ic} \cdot P_{bi}, \quad (2)$$

де b_{ic} – середня товщина зернівок кожного варіанта, мм.

$$b_{ic} = \frac{bp(i+c) + bpi}{2}, \quad (3)$$

де bpi та $bp(i+c)$ – ширина отворів відповідного решета, на якому розташована зернова маса, мм.

Середнє квадратичне відхилення товщини зернівок визначали за формулою:

$$\sigma_b = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_{ic} - M_b)^2 P_{bi}} \quad (4)$$

Для підтвердження гіпотези про відповідність розподілення товщини зернівок нормальному закону використали критерій Пірсона (X^2):

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - m \cdot P_{ei})^2}{m \cdot P_{ei}}, \quad (5)$$

де P_{ei} – теоретична, таблична ймовірність потрапляння певних розмірів зернівок.

$$P_{bi} = \Phi\left(\frac{b_{ic} - Mb}{\sigma_b}\right) - \Phi\left(\frac{bi - Mb}{\sigma_b}\right), \quad (6)$$

де $\Phi(X)$ – інтегральна нормальна функція розподілення, або функція Лапласа:

$$\Phi(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \quad (7)$$

Число степенів свободи для визначення табличного значення критерію Пірсона визначили за формулою:

$$r = n - s \quad (8)$$

де s – число накладених зв'язків ($s=3$).

Характеристика розподілення відповідно розмірів зернівок зернового вороху озимої пшениці за товщиною та іншими параметрами проводиться шляхом розрахунків.

2.2.3. Дослідження механічних впливів на деформацію та травмування зернівок при підготовленні насіння

2.2.3.1. Аналітичне відображення деформації та травмування зернівок при потраплянні на розподільник пневмосепаруючого пристосування

Розглянемо випадок, коли зернівка сферичної конфігурації падає з висоти Z_1 на розподільник, який з кутовою швидкістю ω обертається навколо вертикальної осі O_2Z_1 (рис. 2.12).

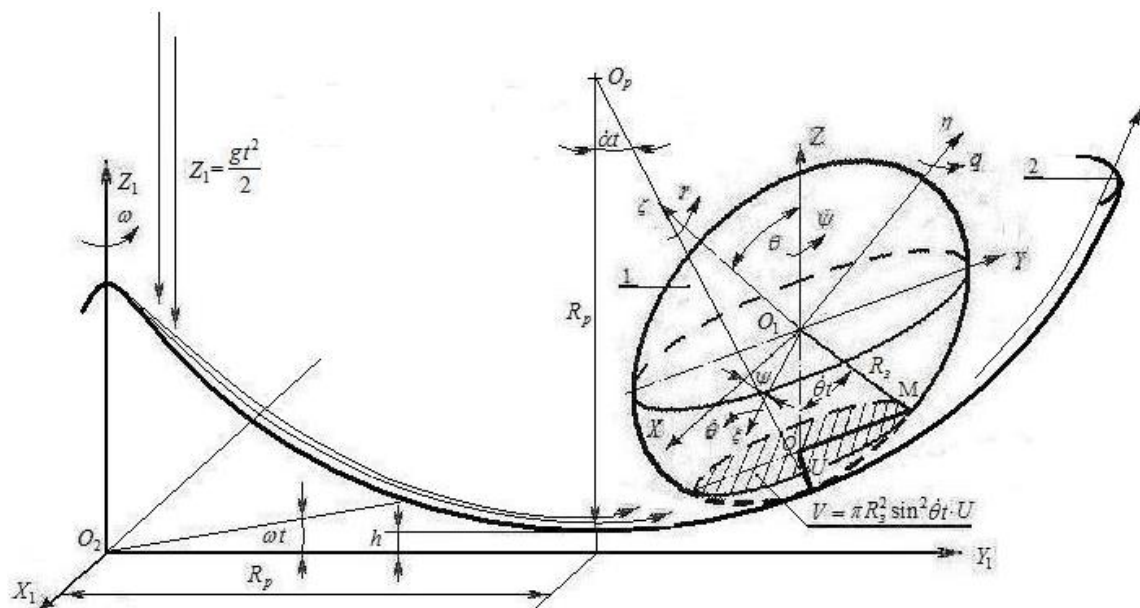


Рис. 2.12. Розрахункова схема деформації зернівки сферичної конфігурації при потраплянні на пневмосепарувальний пристрій:

1, 2 – відповідно зернівка та поверхня розподільника; U – компонента деформації речовини зерна; R_s – радіус зернівки; R_p – радіус сферичної частини розподільника; h – висота розміщення розподільника; αt – кут дотику зернівки із поверхнею ротора; ω , ωt – кутова швидкість та кут повороту пристрою в

горизонтальній площині $O_2X_1Y_1Z_1$ O_1XYZ , $O_1\xi\eta\zeta$ – інерційна та неінерційна системи координат.

У центрі інерції O_1 зернівки 1 сферичної конфігурації (рис. 2.12) розмістимо неінерційну систему координат $O_1\xi\eta\zeta$ (систему, широко використовувану в теорії гіроскопів, при цьому осі $O_1\xi$, $O_1\eta$, $O_1\zeta$ сумістимо з головними осями інерції, а вісь $O_1\xi$ направимо по лінії вузлів, тобто по лінії перетину площин $\zeta O_1\xi$ та $ZO_1\xi$. Крім того, в центрі інерції зернівки 1 розмістимо інерційну систему координат O_1XYZ так, щоб вісь O_1X була паралельна, а вісь O_1Z – перпендикулярна до похилої поверхні робочого елемента. Символом θ позначимо кут між площинами $ZO_1\xi$ і $\zeta O_1\xi$, ψ – кут, утворений площинами ZO_1X та $ZO_1\xi$. При такому розміщенні систем відліку кути θ і ψ будуть визначати положення неінерційної системи координат $O_1\xi\eta\zeta$ відносно інерційної O_1XYZ [201, 234]/

Крім того, із поверхнею розподільника поєднаємо інерційну систему координат $O_2X_1Y_1Z_1$. Враховуючи сферичну конфігурацію зернівки, радіус деформації речовини виразимо через радіус зерна R_3 та кут $\dot{\theta}t$ (рис. 2.12):

$$OM = R_3 \sin \dot{\theta}t, \quad (1)$$

де R_3 – радіус зернівки сферичної конфігурації, м;

$\dot{\theta}t$ – кут, утворений площинами XO_1O та XO_1M , *град.*

Тоді рівняння площі круга деформації об'єму зернівки набуває вигляду:

$$S = \pi R_3^2 \sin^2 \dot{\theta}t. \quad (2)$$

Використавши рівняння (2) та схему (рис. 2.12), рівняння об'єму зернівки, що деформується за напрямком осі $O_1\zeta$, формалізуємо співвідношенням:

$$V = \pi R_3^2 \sin^2 \dot{\theta}t U, \quad (3)$$

де V – об'єм зернівки, що деформується під дією робочого елемента машини, земного тяжіння тощо m^3 ;

U – компонента деформації об'єму зернівки, m .

Швидкість деформації об'єму зернівки визначимо диференціюванням виразу (3) за часом:

$$\dot{V} = 2\pi R_z^2 \dot{\theta} \sin \theta t \cos \theta t U + \pi R_z^2 \sin^2 \theta t \dot{U}. \quad (4)$$

За повторним диференціюванням виразу (4) за часом рівняння прискорення деформації об'єму зернівки набуває вигляду:

$$\begin{aligned} \ddot{V} = \pi R_z^2 (2\ddot{\theta} \sin \theta t \cos \theta t U + \sin^2 \theta t \ddot{U} + 2\dot{\theta}^2 \cos^2 \theta t U - 2\dot{\theta}^2 \sin^2 \theta t U + 2\dot{\theta} \sin \theta t \times \\ \times \cos \theta t \dot{U} + 2\dot{\theta} \sin \theta t \cos \theta t \dot{U}). \end{aligned} \quad (5)$$

Оскільки рівняння (5) аналітично відображає прискорення деформації одиничного об'єму зернівки, то, перемноживши на $\pi R_z \sin^2 \theta t$, після спрощення воно набуває вигляду:

$$\ddot{V} = 2\ddot{\theta} U \operatorname{ctg} \theta t + \ddot{U} + 2\dot{\theta}^2 U (\operatorname{ctg}^2 \theta t - 1) + 4\dot{\theta} U \operatorname{ctg} \theta t. \quad (6)$$

Далі формалізацію деформації пружно-в'язкої зернівки за дією зовнішніх чинників (диска-розподільника, земного тяжіння тощо) здійснимо за використанням загальної системи рівнянь кінематичного зв'язку абсолютно твердих тіл, яку в цьому випадку представимо у такому вигляді:

$$\begin{aligned} \dot{\xi} + \dot{U}_\xi + q(\zeta - U_\zeta) - r(\eta - U_\eta) &= \dot{X}_\xi; \\ \dot{\eta} + \dot{U}_\eta + r(\xi - U_\xi) - p(\zeta - U_\zeta) &= \dot{Y}_\eta; \\ \dot{\zeta} + \dot{U}_\zeta + p(\eta - U_\eta) - q(\xi - U_\xi) &= \dot{Z}_\zeta, \end{aligned} \quad (7)$$

де ξ, η, ζ ; $\dot{\xi}, \dot{\eta}, \dot{\zeta}$; p, q, r – відповідно координати поверхні, компоненти поступальної та кутової швидкостей насіння, m, c^{-1} ;

$U_\xi, U_\eta, U_\zeta; \dot{U}_\xi, \dot{U}_\eta, \dot{U}_\zeta$ – компоненти деформації та швидкості деформації за напрямками осей $O_1\xi, O_1\eta, O_1\zeta$;

$\dot{X}_\xi, \dot{Y}_\eta, \dot{Z}_\zeta$ – компоненти швидкості зовнішніх чинників (робочого елемента машини, земного тяжіння тощо) в неінерційній системі координат $O_1\xi\eta\zeta$, які визначимо за системою рівнянь ортогонального перетворення [10, 20]:

$$\begin{aligned}\dot{X}_\xi &= a_{11}\dot{X} + a_{21}\dot{Y} + a_{31}\dot{Z}; \\ \dot{Y}_\eta &= a_{12}\dot{X} + a_{22}\dot{Y} + a_{32}\dot{Z}; \\ \dot{Z}_\zeta &= a_{13}\dot{X} + a_{23}\dot{Y} + a_{33}\dot{Z},\end{aligned}\tag{8}$$

де a_{ij} – коефіцієнти ортогонального перетворення, $i, j = 1, 2, 3$.

$\dot{X}, \dot{Y}, \dot{Z}$ – компоненти швидкості зовнішніх чинників (робочого елемента машини, земного тяжіння тощо) в інерційній системі координат O_1XYZ .

Припускаємо, що насіння при завантаженні за дією земного тяжіння вільно падає на поверхню розподільника, при цьому координати його падіння в інерційній системі координат у загальному випадку формалізуємо рівнянням [9]:

$$X^2 + Y^2 + Z^2 = \left(\frac{gt^2}{2} \right)^2,\tag{9}$$

де $X, Y, Z; g, t$ – відповідно координати дотику зернівок із робочим елементом машини після завершення вільного падіння-потрапляння, прискорення земного тяжіння та час падіння в інерційній системі координат O_1XYZ .

Компоненти кутової швидкості p, q, r зернівок у системі рівнянь (7) формалізуємо квазікоординатами у формі кінематичних рівнянь Ейлера [10]:

$$\begin{aligned}p &= \dot{\psi} \sin \theta \sin \varphi + \dot{\theta} \cos \varphi; \\ q &= \dot{\psi} \sin \theta \cos \varphi - \dot{\theta} \sin \varphi; \\ r &= \dot{\phi} + \dot{\psi} \cos \theta,\end{aligned}\tag{10}$$

де θ, ψ, φ ; $\dot{\theta}, \dot{\psi}, \dot{\varphi}$ – відповідно кути Ейлера та компоненти кутової швидкості: нутації, витання та власного кружляння-обертання зерна.

Компоненти прискореного руху та прискорення деформації пружно-в'язких зернівок за дією зовнішніх чинників (розподільника та земного тяжіння) за напрямками осей координатної системи $O_1\xi\eta\zeta$ із врахуванням її обертання в загальному формалізуємо системою рівнянь:

$$\begin{aligned}\ddot{\xi} + \ddot{U}_\xi + Q(\dot{\zeta} - \dot{U}_\zeta) - R(\dot{\eta} - \dot{U}_\eta) &= \ddot{X}_\xi; \\ \ddot{\eta} + \ddot{U}_\eta + R(\dot{\xi} - \dot{U}_\xi) - P(\dot{\zeta} - \dot{U}_\zeta) &= \ddot{Y}_\eta; \\ \ddot{\zeta} + \ddot{U}_\zeta + P(\dot{\eta} - \dot{U}_\eta) - Q(\dot{\xi} - \dot{U}_\xi) &= \ddot{Z}_\zeta,\end{aligned}\quad (11)$$

де $\dot{\xi}, \dot{\eta}, \dot{\zeta}$; $\ddot{\xi}, \ddot{\eta}, \ddot{\zeta}$ – компоненти поступальної швидкості та прискорення центра інерції зернівок, $m \cdot c^{-1}, m \cdot c^{-2}$;

$\ddot{U}_\xi, \ddot{U}_\eta, \ddot{U}_\zeta$ – компоненти прискорення деформації об'єму речовини зерна за дією зовнішніх чинників (робочого елемента машини, земного тяжіння тощо) за напрямками осей $O_1\xi, O_1\eta, O_1\zeta$;

P, Q, R – компоненти швидкості обертання координатної системи $O_1\xi\eta\zeta$, визначені за кінематичними рівняннями Ейлера, при $\varphi = 0, c^{-1}$ [10]:

$$P = \dot{\theta}; Q = \dot{\psi} \sin \theta; R = q \dot{\varphi} \sin \theta. \quad (12)$$

Компоненти прискорення ($\ddot{X}_\xi, \ddot{Y}_\eta, \ddot{Z}_\zeta$) за дією зовнішніх чинників (робочого елемента машини, земного тяжіння тощо) в неінерційній системі координат $O_1\xi\eta\zeta$ визначимо за системою рівнянь [10, 20]:

$$\ddot{X}_\xi = a_{11}\ddot{X} + a_{21}\ddot{Y} + a_{31}\ddot{Z}; \ddot{Y}_\eta = a_{12}\ddot{X} + a_{22}\ddot{Y} + a_{32}\ddot{Z}; \ddot{Z}_\zeta = a_{13}\ddot{X} + a_{23}\ddot{Y} + a_{33}\ddot{Z}, \quad (13)$$

де a_{ij} ($i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$) – косинуси кутів Ейлера;

$\ddot{X}, \ddot{Y}, \ddot{Z}$ – компоненти прискорення зовнішніх чинників (робочого елемента машини, земного тяжіння) в системі O_1XYZ .

Припускаємо, що падіння насіння здійснюється на абсолютно тверду поверхню розподільника очисної машини, який обертається в горизонтальній площині (рис. 2.12). За параметрами, зображеними на схемі, та рівнянням (9) координати дотику зерна в системі координат $O_2X_1Y_1Z_1$ опишемо системою рівнянь геометричного зв'язку [7, 20, 25, 39, 201, 234]:

$$\begin{aligned} X &= R_p \sin \omega t + R_p \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t + \frac{gt^2}{2} \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t; \\ Y &= R_p \cos \omega t + R_p \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t + \frac{gt^2}{2} \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t; \\ Z &= h + R_p - R_p \cos \dot{\alpha} t + \frac{gt^2}{2} \cos \dot{\alpha} t, \end{aligned} \quad (14)$$

де R_p – радіус сферичної частини розподільника, m ;

h – висота розміщення розподільника, m ;

$\dot{\alpha} t$ – кут дотику зерна із поверхнею розподільника, rad ;

$\omega, \omega t$ – кутова швидкість та кут повороту розподільника в горизонтальній площині $O_2X_1Y_1$ $rad \cdot s^{-1}$, rad ;

За першим диференціюванням системи рівнянь геометричного зв'язку (14) запишемо:

$$\begin{aligned} \dot{X} &= \omega R_p \cos \omega t + R_p \dot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t + R_p \omega \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t + gt \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t; \\ \dot{Y} &= -\omega R_p \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t - R_p \omega \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t + gt \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t; \\ \dot{Z} &= R_p \dot{\alpha} \sin \dot{\alpha} t + gt \cos \dot{\alpha} t. \end{aligned} \quad (15)$$

Оскільки в напрямних косинусах кут $\varphi = 0$, то, підставляючи кінематичні параметри $\dot{X}, \dot{Y}, \dot{Z}$ у систему рівнянь (8), швидкість зміни дотику поверхні розподільника очисної машини із насінням у неінерційній системі координат $O_1\xi\eta\zeta$ запишемо у формі:

$$\begin{aligned}\dot{X}_\xi &= \omega R_p [(1 + \sin \dot{\alpha} t)(\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi)] + R_p \dot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t (\sin \omega t \cos \psi + \\ &+ \cos \omega t \sin \psi) + g t \sin \dot{\alpha} t (\sin \omega t \cos \psi + \cos \omega t \sin \psi); \\ \dot{Y}_\eta &= -\omega R_p \cos \theta (1 + \cos \theta)(\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi) + R_p \dot{\alpha} [\cos \dot{\alpha} t \cos \theta (\cos \omega t \cos \psi - \\ &- \sin \omega t \sin \psi) + \sin \dot{\alpha} t \sin \theta] - g t [\sin \dot{\alpha} t \cos \theta (\sin \omega t \sin \psi - \cos \omega t \cos \psi) - \cos \dot{\alpha} t \sin \theta]; \\ \dot{Z}_\zeta &= \omega R_p \sin \theta [(1 + \sin \dot{\alpha} t)(\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi) + R_p \dot{\alpha} [\cos \dot{\alpha} t \sin \theta (\sin \omega t \sin \psi - \\ &- \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t \cos \psi) + \sin \dot{\alpha} t \cos \theta] - g t [\sin \dot{\alpha} t \sin \theta (\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi) - \\ &- \cos \dot{\alpha} t \cos \theta];\end{aligned}\quad (16)$$

Підставивши кінематичні параметри (16) в систему рівнянь (7), маємо:

$$\begin{aligned}\dot{\xi} + \dot{U}_\xi + q(\zeta - U_\zeta) - r(\eta - U_\eta) &= \omega R_p [(1 + \sin \dot{\alpha} t)(\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi)] + \\ &+ R_p \dot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t (\sin \omega t \cos \psi + \cos \omega t \sin \psi) + g t \sin \dot{\alpha} t (\sin \omega t \cos \psi + \cos \omega t \sin \psi); \\ \dot{\eta} + \dot{U}_\eta + r(\xi - U_\xi) - p(\zeta - U_\zeta) &= -\omega R_p \cos \theta (1 + \cos \theta)(\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi) + \\ &+ R_p \dot{\alpha} [\cos \dot{\alpha} t \cos \theta (\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi) + \sin \dot{\alpha} t \sin \theta] - g t [\sin \dot{\alpha} t \cos \theta (\sin \omega t \times \\ &\times \sin \psi - \cos \omega t \cos \psi) - \cos \dot{\alpha} t \sin \theta]; \\ \dot{\zeta} + \dot{U}_\zeta + p(\eta - U_\eta) - q(\xi - U_\xi) &= \omega R_p \sin \theta [(1 + \sin \dot{\alpha} t)(\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi) + \\ &+ R_p \dot{\alpha} [\cos \dot{\alpha} t \sin \theta (\sin \omega t \sin \psi - \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t \cos \psi) + \sin \dot{\alpha} t \cos \theta] - g t [\sin \dot{\alpha} t \sin \theta \times \\ &\times (\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi) - \cos \dot{\alpha} t \cos \theta];\end{aligned}\quad (17)$$

За повторним диференціюванням системи рівнянь (15) запишемо:

$$\begin{aligned}\ddot{X} &= \dot{\omega} R_p \cos \omega t - \omega^2 R_p \sin \omega t + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \omega \times \\ &\times \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t + R_p \dot{\omega} \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t + R_p \omega \dot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t - R_p \omega^2 \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t + \\ &+ g \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t; \\ \ddot{Y} &= -\dot{\omega} R_p \sin \omega t - \omega^2 R_p \cos \omega t + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \times \\ &\times \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t - R_p \dot{\omega} \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t - R_p \omega \dot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t - R_p \omega^2 \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t + g \sin \dot{\alpha} t \times \\ &\times \cos \omega t; \\ \ddot{Z} &= R_p \ddot{\alpha} \sin \dot{\alpha} t + R_p \dot{\alpha}^2 \cos \dot{\alpha} t + g \cos \dot{\alpha} t.\end{aligned}\quad (18)$$

Після підстановки кінематичних параметрів $\ddot{X}, \ddot{Y}, \ddot{Z}$ у систему рівнянь (13), компоненти прискорення зміни дотику поверхні розподільника очисної машини із насінням в неінерційній системі координат $O_1\xi\eta\zeta$ після спрощення набувають форми:

$$\begin{aligned}\ddot{X}_\xi &= \dot{\omega}R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t)(\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi)] - \omega^2 R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t)(\sin \omega t \cos \psi + \\ &+ \cos \omega t \sin \psi)] + \ddot{\alpha}R_p \cos \dot{\alpha}t(\sin \omega t \cos \psi + \cos \omega t \sin \psi) - \dot{\alpha}^2 R_p \sin \dot{\alpha}t(\sin \omega t \cos \psi + \\ &+ \cos \omega t \sin \psi) + 2R_p \dot{\alpha}\omega \cos \dot{\alpha}t(\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi) + g \sin \dot{\alpha}t(\sin \omega t \cos \psi + \\ &+ \cos \omega t \sin \psi); \\ \ddot{Y}_\eta &= -\dot{\omega}R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \theta(\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi)] + \omega^2 R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \theta \times \\ &\times (\sin \omega t \sin \psi - \cos \omega t \cos \psi)] + R_p \ddot{\alpha}[\cos \dot{\alpha}t \cos \theta(\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi) + \\ &+ \sin \dot{\alpha}t \sin \theta] + R_p \dot{\alpha}^2[\sin \dot{\alpha}t \cos \theta(\sin \omega t \sin \psi - \cos \omega t \cos \psi) + \cos \dot{\alpha}t \sin \theta] - \\ &- 2R_p \dot{\alpha}\omega \cos \dot{\alpha}t \cos \theta(\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi) - g[\sin \dot{\alpha}t \cos \theta(\sin \omega t \sin \psi - \\ &- \cos \omega t \cos \psi) - \cos \dot{\alpha}t \sin \theta]; \\ \ddot{Z}_\zeta &= \dot{\omega}R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \theta(\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi)] + \omega^2 R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \theta \times \\ &\times (\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi)] + R_p \ddot{\alpha}[\cos \dot{\alpha}t \sin \theta(\sin \omega t \sin \psi - \cos \omega t \cos \psi) + \\ &+ \sin \dot{\alpha}t \cos \theta] + R_p \dot{\alpha}^2[\sin \dot{\alpha}t \sin \theta(\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi) + \cos \dot{\alpha}t \cos \theta] + \\ &+ 2R_p \dot{\alpha}\omega \cos \dot{\alpha}t \sin \theta(\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi) - g[\sin \dot{\alpha}t \sin \theta(\cos \omega t \cos \psi - \\ &- \sin \omega t \sin \psi) - \cos \dot{\alpha}t \cos \theta],\end{aligned}\tag{19}$$

де P, Q, R – компоненти швидкості обертання неінерційної системи координат $O_1\xi\eta\zeta$, які визначаються за системою рівнянь (12).

Підставляючи систему рівнянь (19) у систему рівнянь (11), визначаємо компоненти прискорення просторового руху зернівок із урахуванням прискорення деформації об'єму зернівки за напрямком осей $O_1\xi, O_1\eta, O_1\zeta$:

$$\begin{aligned}
\ddot{\xi} = & -[\ddot{U}_{\xi} + \dot{q}(\zeta - U_{\zeta}) + q(\zeta - U_{\zeta}) - \dot{r}(\eta - U_{\eta}) - r(\eta - U_{\eta}) + Q(\dot{\zeta} - \dot{U}_{\zeta}) - R(\dot{\eta} - \\
& - \dot{U}_{\eta})] + \dot{\omega}R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t)(\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi)] - \omega^2 R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t)(\sin \omega t \cos \psi + \\
& + \cos \omega t \sin \psi)] + \ddot{\alpha}R_p \cos \dot{\alpha}t(\sin \omega t \cos \psi + \cos \omega t \sin \psi) - \dot{\alpha}^2 R_p \sin \dot{\alpha}t(\sin \omega t \cos \psi + \\
& + \cos \omega t \sin \psi) + 2R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t(\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi) + g \sin \dot{\alpha}t(\sin \omega t \cos \psi + \\
& + \cos \omega t \sin \psi); \\
\ddot{\eta} = & -[\ddot{U}_{\eta} + \dot{r}(\xi - U_{\xi}) + r(\xi - U_{\xi}) - \dot{p}(\zeta - U_{\zeta}) - p(\zeta - U_{\zeta}) + R(\dot{\xi} - \dot{U}_{\xi}) - P(\dot{\zeta} - \\
& - \dot{U}_{\zeta})] - \dot{\omega}R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t) \cos \theta (\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi)] + \omega^2 R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t) \cos \theta \times \\
& \times (\sin \omega t \sin \psi - \cos \omega t \cos \psi)] + R_p \ddot{\alpha} [\cos \dot{\alpha}t \cos \theta (\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi) + \\
& + \sin \dot{\alpha}t \sin \theta] + R_p \dot{\alpha}^2 [\sin \dot{\alpha}t \cos \theta (\sin \omega t \sin \psi - \cos \omega t \cos \psi) + \cos \dot{\alpha}t \sin \theta] - \\
& - 2R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \cos \theta (\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi) - g [\sin \dot{\alpha}t \cos \theta (\sin \omega t \sin \psi - \\
& - \cos \omega t \cos \psi) - \cos \dot{\alpha}t \sin \theta]; \\
\ddot{\zeta} = & -[\ddot{U}_{\zeta} + \dot{p}(\eta - U_{\eta}) - \dot{q}(\xi - U_{\xi}) + p(\eta - U_{\eta}) - q(\xi - U_{\xi}) + P(\dot{\eta} - \dot{U}_{\eta}) - Q(\dot{\xi} - \\
& - \dot{U}_{\xi})] + \dot{\omega}R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t) \sin \theta (\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi)] + \omega^2 R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t) \sin \theta \times \\
& \times (\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi)] + R_p \ddot{\alpha} [\cos \dot{\alpha}t \sin \theta (\sin \omega t \sin \psi - \cos \omega t \cos \psi) + \\
& + \sin \dot{\alpha}t \cos \theta] + R_p \dot{\alpha}^2 [\sin \dot{\alpha}t \sin \theta (\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi) + \cos \dot{\alpha}t \cos \theta] + \\
& + 2R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \sin \theta (\cos \omega t \sin \psi + \sin \omega t \cos \psi) - g [\sin \dot{\alpha}t \sin \theta (\cos \omega t \cos \psi - \\
& - \sin \omega t \sin \psi) - g \cos \dot{\alpha}t \cos \theta].
\end{aligned} \tag{20}$$

де P, Q, R – компоненти швидкості обертання неінерційної системи координат $O_1\xi\eta\zeta$, які визначаються за системою рівнянь (12).

Припускаємо, що падіння насіння (рис. 2.12) здійснюється на абсолютно тверду поверхню розподільника очисної машини, який обертається в горизонтальній площині. Тоді за обертанням неінерційної системи координат $O_1\xi\eta\zeta$ прискорення просторового руху із урахуванням прискорення деформації об'єму зернівки за напрямками осей $O_1\zeta$, $O_1\xi$, $O_1\eta$ за виразами (6, 20) формалізуємо системою рівнянь:

$$\begin{aligned}
\ddot{\xi} = & -2\ddot{\theta}U \operatorname{ctg} \dot{\theta}t - \ddot{U} - 2\dot{\theta}^2 U (\operatorname{ctg}^2 \dot{\theta}t - 1) - 4\dot{\theta}\dot{U} \operatorname{ctg} \dot{\theta}t - \dot{q}(\zeta - U_{\zeta}) - q(\zeta - U_{\zeta}) + \\
& + \dot{r}(\eta - U_{\eta}) + r(\eta - U_{\eta}) - Q(\dot{\zeta} - \dot{U}_{\zeta}) + R(\dot{\eta} - \dot{U}_{\eta}) + \dot{\omega}R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t)(\cos \omega t \cos \psi - \\
& - \sin \omega t \sin \psi)] - \omega^2 R_p[(1 + \sin \dot{\alpha}t)(\sin \omega t \cos \psi + \cos \omega t \sin \psi)] + \ddot{\alpha}R_p \cos \dot{\alpha}t(\sin \omega t \times \\
& \times \cos \psi + \cos \omega t \sin \psi) - \dot{\alpha}^2 R_p \sin \dot{\alpha}t(\sin \omega t \cos \psi + \cos \omega t \sin \psi) + 2R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \times \\
& \times (\cos \omega t \cos \psi - \sin \omega t \sin \psi) + g \sin \dot{\alpha}t(\sin \omega t \cos \psi + \cos \omega t \sin \psi);
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\ddot{\eta} = & -2\ddot{\theta}U\text{ctg}\dot{\theta}t - \ddot{U} - 2\dot{\theta}^2U(\text{ctg}^2\dot{\theta}t - 1) - 4\dot{\theta}\dot{U}\text{ctg}\dot{\theta}t - \dot{r}(\xi - U_\xi) - r(\xi - U_\xi) + \\
& + \dot{p}(\zeta - U_\zeta) + p(\zeta - U_\zeta) - R(\dot{\xi} - \dot{U}_\xi) + P(\dot{\zeta} - \dot{U}_\zeta) - \dot{\omega}R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t)\cos\theta(\cos\omega t \times \\
& \times \sin\psi + \sin\omega t \cos\psi)] + \omega^2 R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t)\cos\theta(\sin\omega t \sin\psi - \cos\omega t \cos\psi)] + \\
& + R_p\ddot{\alpha}[\cos\dot{\alpha}t\cos\theta(\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi) + \sin\dot{\alpha}t\sin\theta] + R_p\dot{\alpha}^2[\sin\dot{\alpha}t\cos\theta \times \\
& \times (\sin\omega t \sin\psi - \cos\omega t \cos\psi) + \cos\dot{\alpha}t\sin\theta] - 2R_p\dot{\alpha}\omega\cos\dot{\alpha}t\cos\theta(\cos\omega t \sin\psi + \\
& + \sin\omega t \cos\psi) - g[\sin\dot{\alpha}t\cos\theta(\sin\omega t \sin\psi - \cos\omega t \cos\psi) - \cos\dot{\alpha}t\sin\theta]; \\
\ddot{\zeta} = & -2\ddot{\theta}U\text{ctg}\dot{\theta}t - \ddot{U} - 2\dot{\theta}^2U(\text{ctg}^2\dot{\theta}t - 1) - 4\dot{\theta}\dot{U}\text{ctg}\dot{\theta}t - \dot{p}(\eta - U_\eta) - p(\eta - U_\eta) + \\
& + \dot{q}(\xi - U_\xi) + q(\xi - U_\xi) - P(\dot{\eta} - \dot{U}_\eta) + Q(\dot{\xi} - \dot{U}_\xi)] + \dot{\omega}R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t)\sin\theta(\cos\omega t \times \\
& \times \sin\psi + \sin\omega t \cos\psi)] + \omega^2 R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t)\sin\theta(\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi)] + \\
& + R_p\ddot{\alpha}[\cos\dot{\alpha}t\sin\theta(\sin\omega t \sin\psi - \cos\omega t \cos\psi) + \sin\dot{\alpha}t\cos\theta] + R_p\dot{\alpha}^2[\sin\dot{\alpha}t\sin\theta \times \\
& \times (\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi) + \cos\dot{\alpha}t\cos\theta] + 2R_p\dot{\alpha}\omega\cos\dot{\alpha}t\sin\theta(\cos\omega t \sin\psi + \\
& + \sin\omega t \cos\psi) - g[\sin\dot{\alpha}t\sin\theta(\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi) - \cos\dot{\alpha}t\cos\theta], \tag{21}
\end{aligned}$$

Оскільки, припускаючи, що речовина зернівки є однорідною, а пружно-в'язкі властивості незмінні за будь-яким напрямком, то, використавши співвідношення [201, 216], отримаємо:

$$N = \frac{1}{2}(A\dot{p}^2 + B\dot{q}^2 + C\dot{r}^2) + \frac{1}{2}C_p\dot{\omega}^2 + \frac{1}{2}m_i(\ddot{\xi}_1^2 + \ddot{\eta}_1^2 + \ddot{\zeta}_1^2), \tag{22}$$

де N – енергія прискорень зернівки, Дж/с²;

m_i – маса насіння та розподільника очисної машини, кг;

A, B, C – моменти інерції насіння відносно осей $O_1\xi, O_1\eta, O_1\zeta$;

C_p – момент інерції розподільника очисної машини відносно осі O_2Z_1 .

За незалежні параметри візьмемо компоненти:

– кутового прискорення $\ddot{\theta}$ деформації об'єму речовини зернівок за зміною кута $\dot{\theta}t$ між площинами $O_1\eta$ і $\zeta O_1\xi$.

– поступального прискорення $\ddot{U}$ деформації об'єму речовини зернівок за напрямком осі $O_1\zeta$;

– кутового прискорення $\dot{r}$ власного кружляння-обертання зернівок;

- кутового прискорення $\dot{q}$ прецесії зернівок;
- кутового прискорення $\dot{p}$ нутації зернівок;
- кутового прискорення $\dot{\omega}$ обертання розподільника очисної машини;
- кутового прискорення $\ddot{\alpha}$ точки дотику зернівок із поверхнею розподільника;

Тоді за методом, частинних похідних, порівнявши до 0 наведеним у [39], отримаємо:

$$\frac{\partial N}{\partial f_j} = 0, \quad (j=1, 2, 3, \dots, n),$$

де f_j – перші похідні $\dot{q}_j$ та другі похідні $\ddot{q}_j$, де q – узагальнені квазікоординати механічної системи.

В результаті отримаємо систему диференціальних рівнянь, що описують деформацію об'єму речовини зернівок еліпсоїдно-сферичної конфігурації, яка формалізована у формі:

– за напрямком осі $O_1\xi$:

$$\begin{aligned} \ddot{\theta} = & 2Uctg\dot{\theta}t\{-\dot{\theta}^2[2U(ctg^2\dot{\theta}t-1)+R\cos\theta t]-4\dot{\theta}\dot{U}ctg\dot{\theta}t-\dot{q}(\zeta-U_\zeta)-q(\zeta-U_\zeta)\dot{+}\\ & +\dot{r}(\eta-U_\eta)+r(\eta-U_\eta)\dot{-}Q(\zeta-\dot{U}_\zeta)+R(\dot{\eta}-\dot{U}_\eta)+\dot{\omega}R_p[(1+\sin\dot{\alpha}t)(\cos\omega t\cos\psi-\\ & -\sin\omega t\sin\psi)]-\omega^2R_p[(1+\sin\dot{\alpha}t)(\sin\omega t\cos\psi+\cos\omega t\sin\psi)]+\ddot{\alpha}R_p\cos\dot{\alpha}t(\sin\omega t\times \\ & \times\cos\psi+\cos\omega t\sin\psi)-\dot{\alpha}^2R_p\sin\dot{\alpha}t(\sin\omega t\cos\psi+\cos\omega t\sin\psi)+2R_p\dot{\alpha}\omega\cos\dot{\alpha}t\times \\ & \times(\cos\omega t\cos\psi-\sin\omega t\sin\psi)+g\sin\dot{\alpha}t(\sin\omega t\cos\psi+\cos\omega t\sin\psi)\}/[R\sin\theta t+ \\ & +(2Uctg\dot{\theta}t)^2]; \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \ddot{U} = & -2\ddot{\theta}Uctg\dot{\theta}t-2\dot{\theta}^2U(ctg^2\dot{\theta}t-1)-4\dot{\theta}\dot{U}ctg\dot{\theta}t-\dot{q}(\zeta-U_\zeta)-q(\zeta-U_\zeta)\dot{+}\\ & +\dot{r}(\eta-U_\eta)+r(\eta-U_\eta)\dot{-}Q(\zeta-\dot{U}_\zeta)+R(\dot{\eta}-\dot{U}_\eta)+\dot{\omega}R_p[(1+\sin\dot{\alpha}t)(\cos\omega t\cos\psi-\\ & -\sin\omega t\sin\psi)]-\omega^2R_p[(1+\sin\dot{\alpha}t)(\sin\omega t\cos\psi+\cos\omega t\sin\psi)]+\ddot{\alpha}R_p\cos\dot{\alpha}t(\sin\omega t\times \\ & \times\cos\psi+\cos\omega t\sin\psi)-\dot{\alpha}^2R_p\sin\dot{\alpha}t(\sin\omega t\cos\psi+\cos\omega t\sin\psi)+2R_p\dot{\alpha}\omega\cos\dot{\alpha}t\times \\ & \times(\cos\omega t\cos\psi-\sin\omega t\sin\psi)+g\sin\dot{\alpha}t(\sin\omega t\cos\psi+\cos\omega t\sin\psi); \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned}
\dot{q} = & m_i(\zeta - U_\zeta)\{-2\ddot{\theta}Uctg\dot{\theta}t - \ddot{U} - 2\dot{\theta}^2U(ctg^2\dot{\theta}t - 1) - 4\dot{\theta}\dot{U}ctg\dot{\theta}t - q(\zeta - U_\zeta) + \\
& + \dot{r}(\eta - U_\eta) + r(\eta - U_\eta) - Q(\dot{\zeta} - \dot{U}_\zeta) + R(\dot{\eta} - \dot{U}_\eta) + \dot{\omega}R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t) \times \\
& \times (\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi)] - \omega^2 R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t)(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi)] + \\
& + \ddot{\alpha}R_p \cos\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi) - \dot{\alpha}^2 R_p \sin\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi) + \\
& + 2R_p\dot{\alpha}\omega \cos\dot{\alpha}t(\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi) + g \sin\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \\
& + \cos\omega t \sin\psi)\}/[B + m_i(\zeta - U_\zeta)^2];
\end{aligned} \tag{25}$$

$$\begin{aligned}
\dot{r} = & -m_i(\eta - U_\eta)\{-2\ddot{\theta}Uctg\dot{\theta}t - \ddot{U} - 2\dot{\theta}^2U(ctg^2\dot{\theta}t - 1) - 4\dot{\theta}\dot{U}ctg\dot{\theta}t - \dot{q}(\zeta - U_\zeta) - \\
& - q(\zeta - U_\zeta) + r(\eta - U_\eta) - Q(\dot{\zeta} - \dot{U}_\zeta) + R(\dot{\eta} - \dot{U}_\eta) + \dot{\omega}R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t) \times \\
& \times (\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi)] - \omega^2 R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t)(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi)] + \\
& + \ddot{\alpha}R_p \cos\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi) - \dot{\alpha}^2 R_p \sin\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi) + \\
& + 2R_p\dot{\alpha}\omega \cos\dot{\alpha}t(\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi) + g \sin\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \\
& + \cos\omega t \sin\psi)\}/[C + m_i(\eta - U_\eta)^2];
\end{aligned} \tag{26}$$

$$\begin{aligned}
\dot{\omega} = & -m_i R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t)(\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi)]\{-2\ddot{\theta}Uctg\dot{\theta}t - \ddot{U} - 2\dot{\theta}^2U(ctg^2\dot{\theta}t - 1) - \\
& - 4\dot{\theta}\dot{U}ctg\dot{\theta}t - \dot{q}(\zeta - U_\zeta) - q(\zeta - U_\zeta) + \dot{r}(\eta - U_\eta) + r(\eta - U_\eta) - Q(\dot{\zeta} - \dot{U}_\zeta) + R(\dot{\eta} - \\
& - \dot{U}_\eta) - \omega^2 R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t)(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi)] + \ddot{\alpha}R_p \cos\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \\
& + \cos\omega t \sin\psi) - \dot{\alpha}^2 R_p \sin\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi) + 2R_p\dot{\alpha}\omega \cos\dot{\alpha}t(\cos\omega t \cos\psi - \\
& - \sin\omega t \sin\psi) + g \sin\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi)\}/\{C + m_i R_p^2[(1 + \sin\dot{\alpha}t)(\cos\omega t \times \\
& \times \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi)]^2\};
\end{aligned} \tag{27}$$

$$\begin{aligned}
\ddot{\alpha} = & -m_i R_p \cos\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi)\{-2\ddot{\theta}Uctg\dot{\theta}t - \ddot{U} - 2\dot{\theta}^2U(ctg^2\dot{\theta}t - 1) - \\
& - 4\dot{\theta}\dot{U}ctg\dot{\theta}t - \dot{q}(\zeta - U_\zeta) - q(\zeta - U_\zeta) + \dot{r}(\eta - U_\eta) + r(\eta - U_\eta) - Q(\dot{\zeta} - \dot{U}_\zeta) + R(\dot{\eta} - \\
& - \dot{U}_\eta) + \dot{\omega}R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t)(\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi)] - \omega^2 R_p[(1 + \sin\dot{\alpha}t)(\sin\omega t \cos\psi + \\
& + \cos\omega t \sin\psi)] + R_p\dot{\alpha}^2[\sin\dot{\alpha}t \sin\theta(\cos\omega t \cos\psi - \sin\omega t \sin\psi) + \cos\dot{\alpha}t \cos\theta] + \\
& + 2R_p\dot{\alpha}\omega \cos\dot{\alpha}t \sin\theta(\cos\omega t \sin\psi + \sin\omega t \cos\psi) + g[\sin\dot{\alpha}t \sin\theta(\cos\omega t \cos\psi + \\
& + \sin\omega t \sin\psi)]\}/m_i[R_p \cos\dot{\alpha}t(\sin\omega t \cos\psi + \cos\omega t \sin\psi)]^2;
\end{aligned} \tag{28}$$

Приведено також аналогічні диференціальні рівняння за напрямком осі $O_1\eta$ та осі $O_1\zeta$.

Схема деформації зернівки свідчить про вплив розподільника пневмосепарувального пристосування на цей процес (рис. 2.12). Наведені системи диференціальних рівнянь показують деформацію об'єму зернівки

еліпсоїдної сферичної конфігурації, що є початком мікротравмування насіння та зниження його якості (Додаток 1).

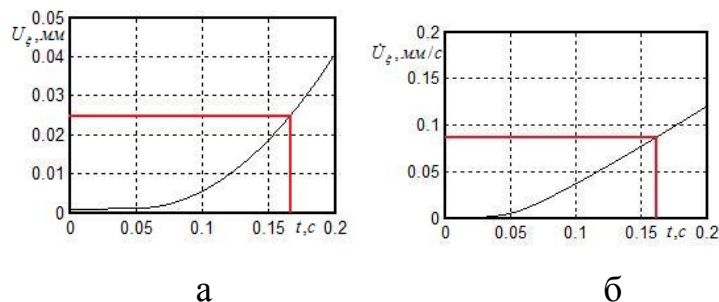
2.2.3.2. Дослідження характеру пружно-в'язкої деформації та травмування зернівок при взаємодії з поверхнею розподільника насіння

Оскільки розв'язування нелінійної системи диференціальних рівнянь (23–28) другого порядку із змінними коефіцієнтами в квадратурах не можливе, то застосуємо числові методи їх інтегрування.

Розв'язування задачі Коші в системі MatLab 5.3/6.x [9] здійснимо за таким алгоритмом (Додаток 2):

- привести диференціальні рівняння другого порядку в частинних похідних до системи рівнянь першого порядку;
- скласти програму файл –функції для системи рівнянь першого порядку;
- вибрати необхідний сольвер–програму, яка безпосередньо здійснює розрахунок, використовуючи відомі методи системи MatLab 5.3/6.x;
- провести корегування програми файл –функції до робочого стану;
- здійснити візуалізацію результатів;
- провести аналіз результатів чисельного моделювання.

За методами системи MatLab 5.3/6.x, після реалізації першого пункту вищенаведеного алгоритму пакет прикладних програм для дослідження характеру поведінки механічної системи виконується у наступній конфігурації.



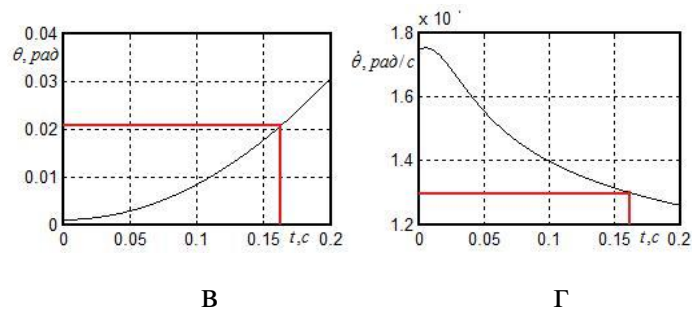


Рис. 2.13. Характер зміни кінематичних параметрів деформації зернівки при взаємодії із поверхнею розподільника очисної машини за напрямком осі $O_1\xi$: а, б, в, г – відповідно швидкості, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$, $\text{рад} \cdot \text{с}^{-1}$ та прискорення, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$, $\text{рад} \cdot \text{с}^{-2}$;

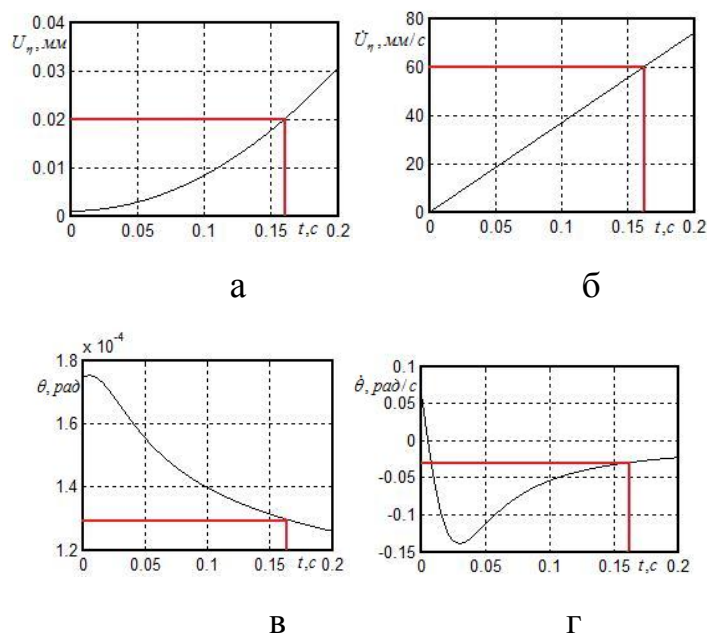


Рис. 2.14. Характер зміни кінематичних параметрів деформації зернівки при взаємодії із поверхнею розподільника очисної машини за напрямком осі $O_1\eta$.

За виконанням файл–програми та файл–функції "GRDEFdzetaksi" характер зміни кінематичних параметрів за плином часу зображено графічними залежностями (рис. 2.13, 2.14, 2.15). Результати їх аналізу свідчать, що при падінні зернівок масою 0,004 г з поперечним радіусом 4 мм на поверхню розподільника очисної машини радіусом 600 мм, який обертається з кутовою швидкістю $6 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$, тангенціальна деформація зернівок у площині $O_1\xi\eta$ не перевищує допустимого значення (0,032 мм) і за 0,17 с, відповідно, становить 0,021 та 0,025 мм (рис. 2.13, 2.14 а). При цьому зменшення кутових параметрів (рис. 2.15 в, г) засвідчує певну

релаксацію початкової деформації за напрямком осі $O_1\eta$. Збільшення лінійного U (рис. 2.14 а) та кутового параметрів θ (рис. 2.14 в), при одночасному зменшенні кутової швидкості (рис. 2.14 г) з плином часу, вказує на певний прогин поверхні зернівки в місці дотику, що характерно для переміщення речовини за інерцією (Додаток 3).

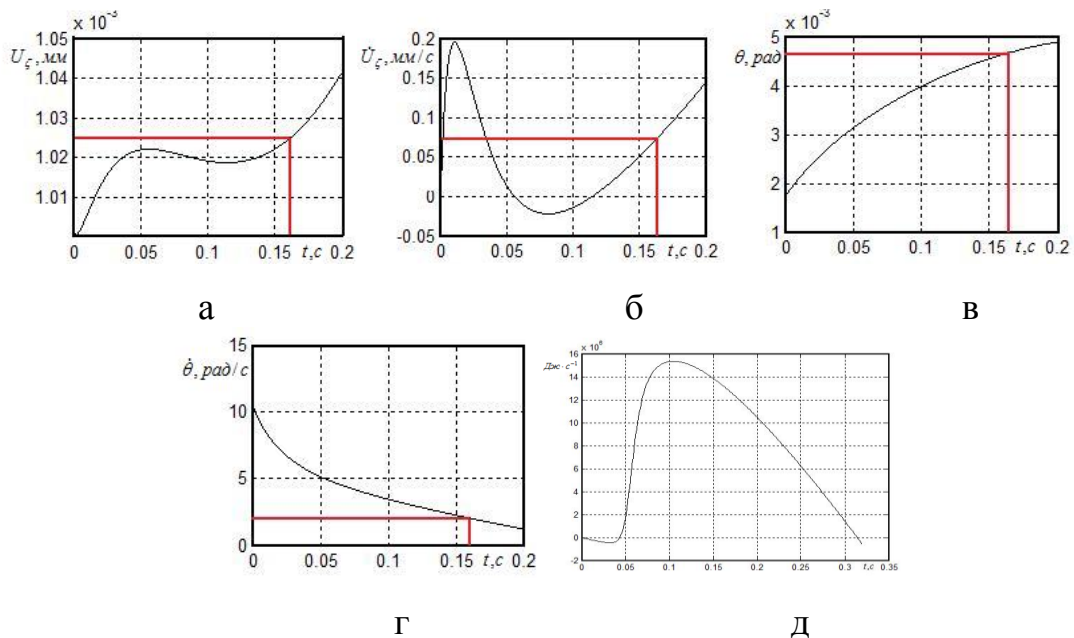


Рис. 2.15. Характер зміни кінематичних параметрів деформації зернівки при взаємодії із поверхнею розподільника очисної машини: а, б, в, г, – відповідно швидкості, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ та прискорення, $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$ за напрямком осі $O_1\zeta$; д – зміни потужності деформації речовини зернівки.

Крім того, деформація зернівки за напрямком осі $O_1\zeta$ (рис. 2.16 а, б, в) характеризується відповідним початковим підвищенням з наступною зупинкою поширення деформації (рис. 2.16 а), при цьому інтенсивне поширення деформації починається з 0,14 с. Найбільша потужність, необхідна для деформування речовини зернівки за 0,1 с, становить $15.3 \text{ Дж} \cdot \text{s}^{-1}$ (рис. 2.15 д).

Отже, швидкість обертання розподільника з кутовою швидкістю до $6 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ мінімально при цих чинниках впливає на деформування речовини зернівки.

За методами системи MatLab 5.3/6.x та системи рівнянь (12) пакет прикладних програм для дослідження характеру кінематичних параметрів польоту зерна при взаємодії із розподільником очисної машини, який обертається навколо вертикальної осі, виконується у відповідній конфігурації (Додаток 12.2.2.).

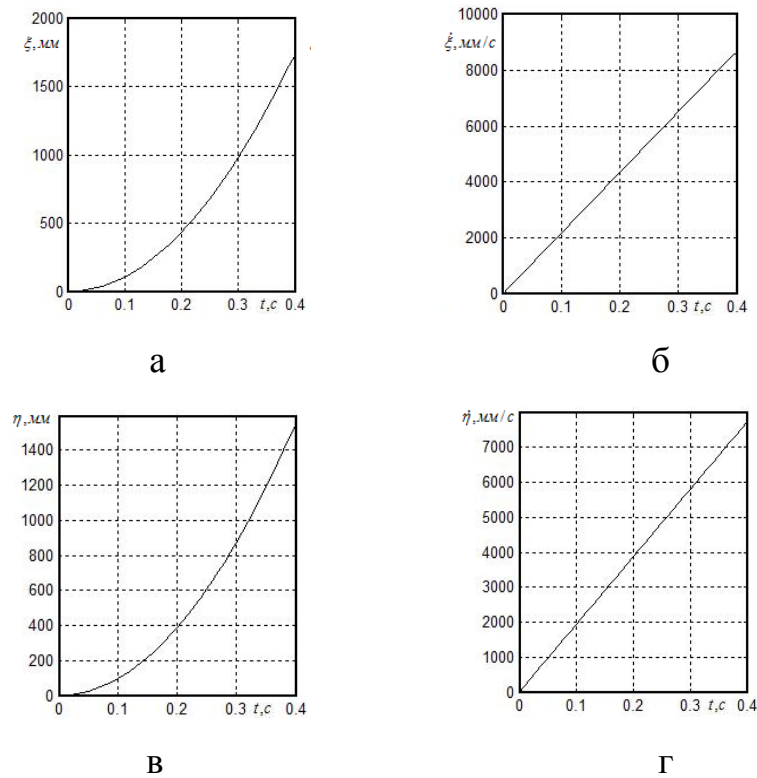


Рис. 2.16. Характер зміни кінематичних параметрів польоту зернівки з плином часу за напрямками осей $O_1\xi$ та $O_1\eta$: а, в – переміщення, мм; б, г – швидкості, $\text{мм} \cdot \text{с}^{-1}$.

За виконанням файл-програми та файл-функції "GRdzetaksi" характер кінематичних параметрів зображено графічними залежностями (рис. 2.16, 2.19). Результати їх аналізу свідчать, що дальність польоту зерна за напрямками осей $O_1\xi$, $O_1\eta$ та $O_1\zeta$ протягом 0,4 с, відповідно, становить 1700, 1500 та 235 мм, при цьому величина швидкості польоту буде 8050, 7700 та 1150 $\text{мм} \cdot \text{с}^{-1}$.

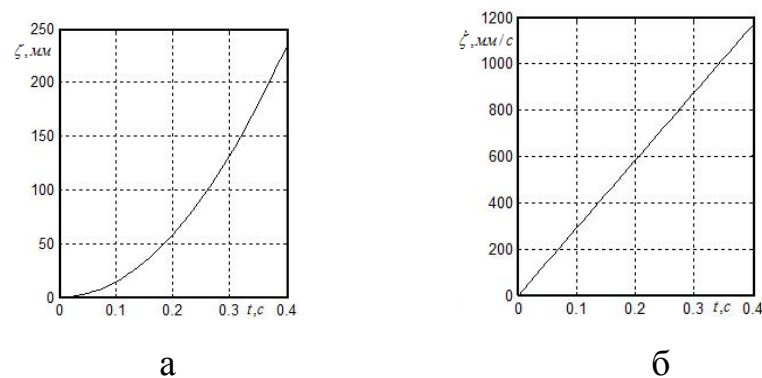


Рис. 2.17. Характер кінематичних параметрів польоту зернівок з плином часу за напрямком осі $O_1\zeta$: а – переміщення, мм; б – швидкості, $\text{мм} \cdot \text{с}^{-1}$.

2.2.3.3. Формалізація деформації та мікротравмування зернівок, поверхня яких описується еліпсоїдом обертання

Для аналітичного дослідження переміщення зернівки, її поверхню аналітично опишемо рівнянням еліпсоїда обертання:

$$\frac{\xi^2 + \eta^2}{h^2} + \frac{\zeta^2}{R^2} = 1, \quad (1)$$

де R, h ; ξ, η, ζ – відповідно радіус та висота еліпсної частини зернівки, координати його поверхні.

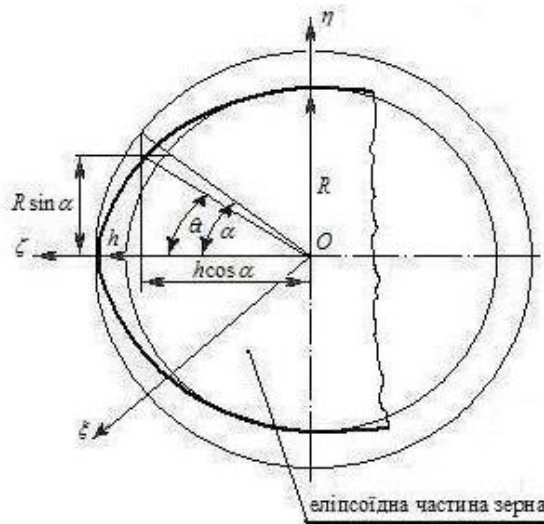


Рис. 2.18. Схема еліпсоїдної частини зернівки: R, h – радіус та висота.

За схемою (рис. 2.18) рівняння (1) представимо у параметричному вигляді:

$$\zeta = h \cos \alpha; \xi = \eta = R \sin \alpha, \quad (2)$$

де α і θ - параметри еліпсоїда обертання.

Оскільки параметри α і θ перебувають у співвідношенні

$$\frac{R}{h} = \frac{\operatorname{ctg} \theta}{\operatorname{ctg} \alpha}, \quad (3)$$

то, звівши рівняння (3) до квадрата, маємо:

$$\frac{R^2}{h^2} = \frac{\operatorname{ctg}^2 \theta}{\operatorname{ctg}^2 \alpha}. \quad (4)$$

Оскільки $\operatorname{ctg} \theta = \frac{\cos \theta}{\sin \theta}$; $\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$, то рівняння (4) набуває вигляду:

$$\frac{R^2}{h^2} = \frac{\cos^2 \theta}{\sin^2 \theta} \left(\frac{\cos^2 \alpha}{1 - \cos^2 \alpha} \right)^{-1} \quad (5)$$

Здійснивши у рівнянні (5) певні перетворення, запишемо:

$$\frac{R^2 \cos^2 \alpha}{1 - \cos^2 \alpha} = h^2 \frac{\cos^2 \theta}{\sin^2 \theta}.$$

Остаточно отримуємо:

$$\cos \alpha = \frac{h \cos \theta}{\sqrt{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta}}. \quad (6)$$

Далі за рівнянням (6) перше рівняння (2) набуває форми:

$$\zeta = \frac{h^2 \cos \theta}{z}, \quad z = \sqrt{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta} \quad (7)$$

Аналогічно до вищенаведеного із рівності (4) знаходимо вираз для $\sin \alpha$:

$$\sin \alpha = \frac{R \sin \theta}{\sqrt{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta}}. \quad (8)$$

Підставивши (8) в друге рівняння (2), отримаємо:

$$\xi = \eta = \frac{R^2 \sin \theta}{z}. \quad (9)$$

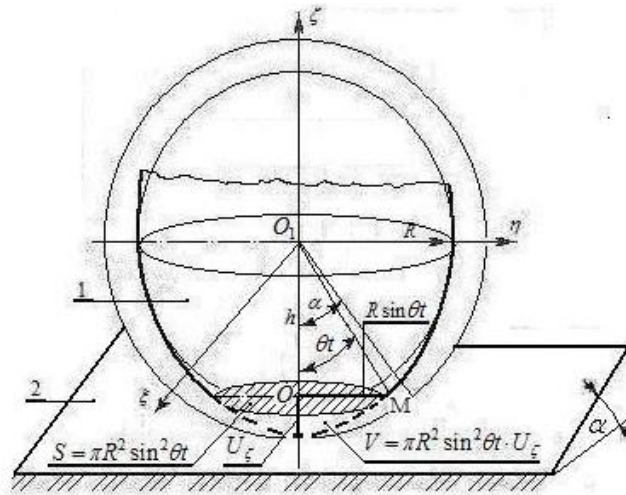


Рис. 2.19. Схема переміщень елементарного об'єму зернівки у площинах системи координат $O\xi\eta\zeta$

Тоді рівняння площі круга деформації зернівки (рис. 2.18) набуває вигляду:

$$S = \pi R^4 \frac{\sin^2 \theta}{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta}, \quad (10)$$

де $\pi = 3,14$ – відношення довжини кола деформації до його діаметра.

Використавши рівняння (9) та схему (рис. 2.19), об'єм зернівки, що деформується за напрямком осі $O_1\zeta$, формалізуємо співвідношенням:

$$V = \pi R^4 \frac{\sin^2 \theta U}{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta}, \quad (11)$$

де V – об'єм зернівки, що деформується за дією земного тяжіння, м^3 .

U – компонента деформації об'єму зернівки, м .

Швидкість деформації об'єму зернівки визначимо за методом диференціювання виразу (11) за часом:

$$\dot{V} = \pi R^4 \frac{(2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta U + \sin^2 \theta \dot{U})(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) - \sin^2 \theta (R^2 - h^2) 2\dot{\theta} \sin \theta \times \cos \theta U}{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^2};$$

За спрощенням рівняння набуває форми:

$$\dot{V} = \pi R^4 \frac{2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta [(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)] U + \sin^2 \theta (R^2 \times \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) \dot{U}}{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^2}. \quad (12)$$

За повторним диференціюванням виразу (12) за часом прискорення деформації об'єму зернівки набуває вигляду:

$$\begin{aligned} \ddot{V} = \pi R^4 \frac{\{2\ddot{\theta}U \sin \theta \cos \theta [R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)]U + 2\dot{\theta}^2 (\cos^2 \theta - \\ - \sin^2 \theta) [R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)]U + 2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta [(2R^2 - 2h^2) \times \\ \times \sin \theta \cos \theta - 2 \sin \theta \cos \theta (R^2 - h^2)]U + 2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta [R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta - \sin^2 \theta \times \\ \times (R^2 - h^2)]\dot{U} + 2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)\dot{U} + [\sin^2 \theta (2R^2 - 2h^2)\dot{\theta} \sin \theta \times \\ \times \cos \theta]\dot{U} + \sin^2 \theta (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)\ddot{U}\} (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^2 - \\ - \{2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta [(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)]U + \sin^2 \theta (R^2 \sin^2 \theta + \\ + h^2 \cos^2 \theta)\dot{U}\} 2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta [(2R^2 - 2h^2)] \}. \end{aligned} \quad (13)$$

Після спрощення та наступних позначень:

$$D_0 = (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-2};$$

$$D_1 = \pi R^4 2U \sin \theta \cos \theta [(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)] D_0;$$

$$D_2 = -\dot{\theta}^2 U \{8 \sin^2 \theta \cos^2 \theta (R^2 - h^2) [R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)] + \\ + (2(\cos^2 \theta - \sin^2 \theta) [R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)]) D_0;$$

$$D_3 = 4U \dot{\theta} [\sin \theta \cos \theta [(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) - \sin^3 \theta \cos \theta (R^2 - h^2) (R^2 \sin^2 \theta + \\ + h^2 \cos^2 \theta)] D_0;$$

$$D_4 = \sin^2 \theta / (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta);$$

рівняння (13) набуває форми:

$$\ddot{V} = \ddot{\theta} D_1 + D_2 + D_3 + \ddot{U} D_4. \quad (14)$$

Припускаємо, що падіння зернівки з конфігурацією еліпсоїда обертання здійснюється на абсолютно тверду поверхню робочого елемента машини, встановлену горизонтально. Тоді за відсутності обертання системи координат $O_1 \xi \eta \zeta$ прискорення поступального руху із урахуванням прискорення деформації об'єму зернівки за напрямком осі $O_1 \zeta$ формалізуємо рівнянням:

$$\ddot{\zeta}_1 = -\ddot{\theta} D_1 - D_2 - D_3 - \ddot{U} D_4 + g. \quad (15)$$

Використавши рівняння (14), модель потужності деформації об'єкта сферичної конфігурації формалізуємо аналітичним виразом:

$$N = \frac{1}{2} m [(\ddot{\theta} D_1)^2 - 2\ddot{\theta} D_1(-D_2 - D_3 - \ddot{U} D_4 + g) + (\ddot{U} D_4)^2 - 2\ddot{U} D_4(-\ddot{\theta} D_1 - D_2 - D_3 + g)], \quad (16)$$

Тоді систему диференціальних рівнянь, які описують деформацію зернівки за конфігурацією еліпсоїда обертання, представимо у формі:

$$\ddot{\theta} D_1^2 - D_1(-D_2 - D_3 - \ddot{U} D_4 + g) = 0; \quad (17)$$

$$\ddot{U} D_4^2 - D_4(-\ddot{\theta} D_1 - D_2 - D_3 + g) = 0. \quad (18)$$

За перетвореннями системи рівнянь (17, 18) отримаємо:

$$\ddot{\theta} = (-D_2 - D_3 - \ddot{U} D_4 + g) / D_1; \quad (19)$$

$$\ddot{U} = (-\ddot{\theta} D_1 - D_2 - D_3 + g) / D_4. \quad (20)$$

Для виключення другої похідної деформації $\ddot{U}$ із рівнянь (17–18) запишемо рівняння геометричного зв'язку. Для цього деформацію об'єму зернівок за зовнішньою дією робочого елемента машини виразимо через радіус R зернівки та кут θ деформації (рис. 2.19):

$$h - U = \frac{h^2 \cos \theta}{z}, \quad (21)$$

За методом диференціювання виразу (21) маємо:

$$\dot{U} = \frac{-\sin \theta \dot{\theta} h^2 \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} - h^2 \cos \theta \dot{\theta} (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta}{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} \quad (22)$$

Після повторного диференціювання виразу (22) та спрощення:

$$\begin{aligned} \ddot{U} = & \frac{\ddot{\theta} h^2 [-\sin \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} - \cos \theta (R^2 - h^2) \cos \theta \sin \theta] +}{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^2} \\ & + \frac{\dot{\theta}^2 h^2 \{ [-\cos \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} - \sin \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta + \\ & + \sin \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta - \cos \theta (R^2 - h^2) (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta) \} (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) + \\ & + [\sin \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} + \cos \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta] 2(R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta \}}{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^2} \end{aligned} \quad (23)$$

За позначеннями

$$D_5 = -h^2 [\sin \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} + \cos \theta (R^2 - h^2) \cos \theta \sin \theta] (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-2};$$

$$D_6 = \dot{\theta}^2 h^2 \{ [-\cos \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} - \sin \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta + \\ + \sin \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta - \cos \theta (R^2 - h^2) (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta) \} (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) + \\ + [\sin \theta \sqrt{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)} + \cos \theta (R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta] 2(R^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta \} \times \\ \times (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-2}$$

вираз (23) набуває форми: $\ddot{U} = \ddot{\theta} D_5 + D_6$ (24)

Підставивши значення (24) у рівняння (17–18), після спрощення отримаємо:

$$\ddot{\theta} = [D_2 / D_1 - D_3 / D_1 - D_6 D_4 / D_1 + g / D_1] / (1 + D_5 D_4 / D_1); \quad (25)$$

$$\ddot{U} = (-\ddot{\theta} D_1 - D_2 - D_3 + g) / D_4. \quad (26)$$

Пружні та в'язкі властивості насіння, які представлені першими та другими компонентами систем рівнянь (17, 18) та (25, 26), є змінними, що суттєво впливає на характер деформування-травмування зернівок. Для теоретичної зміни пружних та в'язких властивостей насіння необхідно надавати початкові значення параметру $\dot{\theta}$ розмірністю c^{-1} , який у рівняннях відображає параметр розсіювання зовнішньої дії.

2.2.3.4. Формалізація деформації-травмування зернівок від дії розподільника насіння

Припускаємо, що в момент зіткнення насіння з поверхнею розподільника очисної машини кути θ, ψ, φ незмінні, отже, систему рівнянь (17) розділу 2.3.3.1, в неінерційній системі координат $O_1 \xi \eta \zeta$ представимо у формі:

$$\begin{aligned} \dot{\xi} + \dot{U}_\xi &= \omega R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \cos \omega t + R_p \dot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t + g t \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t; \\ \dot{\eta} + \dot{U}_\eta &= -\omega R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t + g t \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t; \\ \dot{\zeta} + \dot{U}_\zeta &= R_p \dot{\alpha} \sin \dot{\alpha} t + g t \cos \dot{\alpha} t \end{aligned} \quad (1)$$

За повторним диференціюванням системи рівнянь (1) запишемо:

$$\begin{aligned} \ddot{\xi} + \ddot{U}_\xi &= \dot{\omega} R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \cos \omega t - \omega^2 R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \sin \omega t + \omega \dot{\alpha} R_p \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t + \\ &+ R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t + g \sin \dot{\alpha} t \sin \omega t; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\ddot{\eta} + \ddot{U}_\eta &= -\dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - R_p \dot{\alpha}\omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + \\
&+ R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}\omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t; \\
\ddot{\zeta} + \ddot{U}_\zeta &= R_p \ddot{\alpha} \sin \dot{\alpha}t + R_p \dot{\alpha}^2 \cos \dot{\alpha}t + g \cos \dot{\alpha}t
\end{aligned} \quad (2)$$

Припускаємо, що падіння зернівок (рис. 2.12) здійснюється на абсолютно тверду поверхню ротора очисної машини, який обертається в горизонтальній площині. Тоді прискорення просторового руху із урахуванням прискорення деформації об'єму насіння за напрямками осей $O_1\zeta$, $O_1\xi$, $O_1\zeta\eta$ формалізуємо системою рівнянь:

$$\begin{aligned}
\ddot{\xi} &= -\ddot{U}_\xi + \dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t + \omega \dot{\alpha}R_p \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + \\
&+ R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t + R_p \dot{\alpha}\omega \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t; \\
\ddot{\eta} &= -\ddot{U}_\eta - \dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - R_p \dot{\alpha}\omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + \\
&+ R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}\omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t; \\
\ddot{\zeta} &= -\ddot{U}_\zeta + R_p \ddot{\alpha} \sin \dot{\alpha}t + R_p \dot{\alpha}^2 \cos \dot{\alpha}t + g \cos \dot{\alpha}t
\end{aligned} \quad (3)$$

Вважаючи, що речовина зернівок є однорідною, а пружно-в'язкі властивості незмінні за будь-яким напрямком, то, використавши систему рівнянь (13) та співвідношення, отримаємо:

$$N = \frac{1}{2} m_i (\ddot{\xi}_1^2 + \ddot{\eta}_1^2 + \ddot{\zeta}_1^2) \quad (4)$$

де m_i – маса насіння та розподільника очисної машини, кг.

Модель потужності деформації об'єму речовини зернівки сферичної конфігурації, розмірністю $\text{Дж} \cdot \text{с}^{-2}$ або $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-4}$ отримаємо, підставивши у вираз (4) замість ξ_1 , η , ζ їх вирази (3).

За незалежні параметри візьмемо компоненти:

- поступального прискорення $\ddot{U}$ деформації об'єму речовини насіння;
- кутового прискорення $\dot{\omega}$ обертання розподільника очисної машини;
- кутового прискорення $\ddot{\alpha}$ точки зіткнення зернівок із поверхнею розподільника.

Тоді за методом, знаходження частинних похідних [2]

$$\frac{\partial N}{\partial f_j} = 0, \quad (j=1, 2, 3, \dots, n), \quad (5)$$

де f_j – перші похідні $\dot{q}_j$ та другі похідні $\ddot{q}_j$ узагальнених квазікоординат конфігурації механічної системи, систему диференціальних рівнянь, які описують деформацію об'єму речовини зернівок сферичної конфігурації, формалізуємо у наступній формі, враховуючи при цьому вираз (14) пункту 2.2.3.3:

– за напрямком осі $O_1\xi$:

$$\begin{aligned} \ddot{\theta} = & [D_2 + D_3 + \ddot{U}D_4 + \dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t + \omega \dot{\alpha} R_p \cos \dot{\alpha}t \times \\ & \times \cos \omega t + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \times \\ & \times \sin \omega t] / D_1; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \ddot{U} = & [\ddot{\theta}D_1 + D_2 + D_3 + \dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t + \omega \dot{\alpha} R_p \cos \dot{\alpha}t \times \\ & \times \cos \omega t + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \times \\ & \times \sin \omega t] / D_4; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \dot{\omega} = & [\ddot{\theta}D_1 + D_2 + D_3 + \ddot{U}D_4 + \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t + \omega \dot{\alpha} R_p \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + R_p \ddot{\alpha} \times \\ & \times \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t] / (R_p(1 + \\ & \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t); \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \ddot{\alpha} = & [\ddot{\theta}D_1 + D_2 + D_3 + \ddot{U}D_4 - [\dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t + \omega \dot{\alpha} \times \\ & \times R_p \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t] / (R_p \times \\ & \times \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t); \end{aligned} \quad (9)$$

– за напрямком осі $O_1\eta$:

$$\begin{aligned} \ddot{\theta} = & [D_2 + D_3 + \ddot{U}D_4 - \dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \times \\ & \times \sin \omega t + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \times \\ & \times \cos \omega t] / D_1; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \ddot{U} = & [\ddot{\theta}D_1 + D_2 + D_3 - \dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \times \\ & \times \sin \omega t + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \times \\ & \times \cos \omega t] / D_4; \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \dot{\omega} = & [\ddot{\theta}D_1 + D_2 + D_3 + \ddot{U}D_4 - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \times \\ & \times \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t] / m_i R_p(1 + \\ & + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t); \end{aligned} \quad (12)$$

$$\ddot{\alpha} = [\ddot{\theta}D_1 + D_2 + D_3 + \ddot{U}D_4 + \dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \times \\ \times \omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t] / (R_p \times \\ \times \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t); \quad (13)$$

– за напрямком осі $O_1\zeta$:

$$\ddot{\theta} = [D_2 + D_3 + \ddot{U}D_4 + R_p \ddot{\alpha} \sin \dot{\alpha}t + R_p \dot{\alpha}^2 \cos \dot{\alpha}t + g \cos \dot{\alpha}t] / D_1; \quad (14)$$

$$\ddot{U} = [\ddot{\theta}D_1 + D_2 + D_3 + R_p \ddot{\alpha} \sin \dot{\alpha}t + R_p \dot{\alpha}^2 \cos \dot{\alpha}t + g \cos \dot{\alpha}t] / D_4; \quad (15)$$

$$\ddot{\alpha} = [\ddot{\theta}D_1 + D_2 + D_3 + \ddot{U}D_4 - R_p \dot{\alpha}^2 \cos \dot{\alpha}t + g \cos \dot{\alpha}t] / R_p \sin \dot{\alpha}t; \quad (16)$$

Для виключення другої похідної $\ddot{U}$ з системи рівнянь (6–16) використаємо вираз (24) пункту 2.2.3.3.

В результаті досліджень отримана система диференціальних рівнянь деформації зернівок від дії розподільника насіння за напрямками осей $O_1\zeta$, $O_1\eta$ та $O_1\zeta$.

Підставивши (24) у систему рівнянь (6, 10, 14) після спрощення маємо:

– за напрямком осі $O_1\zeta$:

$$\ddot{\theta} = [-D_2 / D_1 - D_3 / D_1 - D_6 D_4 / D_1 + \dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t // D_1 - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t) \times \\ \times \sin \omega t / D_1 + \omega \dot{\alpha}R_p \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t / D_1 + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t / D_1 - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t / D_1 + \\ + R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t / D_1 + g \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t / D_1] / (1 + D_5 D_4 / D_1) \quad (17)$$

$$\ddot{U} = [-\ddot{\theta}D_1 - D_2 - D_3 + m_i[\dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t + \\ + \omega \dot{\alpha}R_p \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + \\ + g \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t] / D_4; \quad (18)$$

$$\dot{\omega} = [-\ddot{\theta}D_1 - D_2 - D_3 - \ddot{U}D_4 + \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t + \omega \dot{\alpha}R_p \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + R_p \ddot{\alpha} \times \\ \times \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t] / (R_p(1 + \\ + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t); \quad (19)$$

$$\ddot{\alpha} = [-\ddot{\theta}D_1 - D_2 - D_3 - \ddot{U}D_4 - \dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t + \\ + \omega \dot{\alpha}R_p \cos \dot{\alpha}t \times \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \sin \omega t + R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t + g \sin \dot{\alpha}t \times \\ \times \sin \omega t] / R_p \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t; \quad (20)$$

– за напрямком осі $O_1\eta$:

$$\ddot{\theta} = [-D_2 / D_1 - D_3 / D_1 - D_6 D_4 / D_1 - \dot{\omega}R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\sin \omega t - \omega^2 R_p(1 + \sin \dot{\alpha}t)\cos \omega t - \\ - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha}t \sin \omega t + \\ + g \sin \dot{\alpha}t \cos \omega t] / D_1; \quad (21)$$

$$\ddot{U} = -\langle -\ddot{\theta} \{ U^2 \sin \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^3 \theta) (R^2 \sin^2 \theta + \\ + h^2 \cos^2 \theta)^3] (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-6} \} \rangle - \ddot{\theta}^2 2U \{ \cos \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + \\ + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^3 \theta)] (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^3 +$$

$$\begin{aligned}
& + \sin \theta [2R^2 (\cos^2 \theta - \sin^3 \theta) - 3h^2 \sin \theta - (3\cos^2 \theta - \sin^4 \theta)(R^2 - h^2)](R^2 \sin^2 \theta + \\
& + h^2 \cos^2 \theta)^3 - \sin \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^3 \theta)](12(R^2 \sin^2 \theta + \\
& + h^2 \cos^2 \theta)(R^2 \cos \theta - h^2 \sin \theta))(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-6} + 2\dot{\theta}\dot{U}\{\cos \theta [-R^2 \cos \theta \times \\
& \times \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^3 \theta)](R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^3 (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-6} + \quad (22) \\
& + \sin \theta [\cos \theta (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) - \sin^3 \theta \cos \theta (R^2 - h^2)](R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-3}\} \updownarrow + \\
& + m_i [-\dot{\omega} R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \sin \omega t - \omega^2 R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t + \\
& + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t + g \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t] / \\
& / \sin^2 \theta (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-1};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\dot{\omega} = & \ddot{\theta} U 2 \sin \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^3 \theta)(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^3] \times \\
& \times (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-6} + \dot{\theta}^2 2U \{\cos \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^3 \theta)] \times \\
& \times (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^3 + \sin \theta [2R^2 (\cos^2 \theta - \sin^3 \theta) - 3h^2 \sin \theta - (3\cos^2 \theta - \sin^4 \theta) \times \\
& \times (R^2 - h^2)](R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^3 - \sin \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \\
& + \sin^3 \theta)](12(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)(R^2 \cos \theta - h^2 \sin \theta))(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-6} + \\
& + 2\dot{\theta}\dot{U}\{\cos \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^3 \theta)](R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^3 \times \\
& \times (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-6} + \sin \theta [\cos \theta (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) - \sin^3 \theta \cos \theta (R^2 - \\
& - h^2)](R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-3}\} + \ddot{U} \sin^2 \theta (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-1} = \\
& + m_i R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \sin \omega t [-\omega^2 R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t + \\
& + R_p \ddot{\alpha} \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t + \\
& + g \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t] / m_i R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \sin \omega t)^2; \quad (23)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\ddot{\alpha} = & \ddot{\theta} U 2 \sin \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^3 \theta)(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^3] \times \\
& \times (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-6} + \dot{\theta}^2 2U \{\cos \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^3 \theta)] \times \\
& \times (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^3 + \sin \theta [2R^2 (\cos^2 \theta - \sin^3 \theta) - 3h^2 \sin \theta - (3\cos^2 \theta - \sin^4 \theta) \times \\
& \times (R^2 - h^2)](R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^3 - \sin \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \\
& + \sin^3 \theta)](12(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)(R^2 \cos \theta - h^2 \sin \theta))(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-6} + \\
& + 2\dot{\theta}\dot{U}\{\cos \theta [-R^2 \cos \theta \sin \theta + h^2 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^3 \theta)](R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^3 \times \\
& \times (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-6} + \sin \theta [\cos \theta (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) - \sin^3 \theta \cos \theta (R^2 - \\
& - h^2)](R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-3}\} + \ddot{U} \sin^2 \theta (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^{-1} = \\
& - m_i R_p \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t [-\dot{\omega} R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \sin \omega t - \omega^2 R_p (1 + \sin \dot{\alpha} t) \cos \omega t - \\
& - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t - R_p \dot{\alpha}^2 \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t - R_p \dot{\alpha} \omega \cos \dot{\alpha} t \sin \omega t + \\
& + g \sin \dot{\alpha} t \cos \omega t] / m_i (R_p \cos \dot{\alpha} t \cos \omega t)^2; \quad (24)
\end{aligned}$$

– за напрямком осі $O_1\zeta$:

$$\begin{aligned}
\ddot{\theta} = & \langle -\Downarrow \dot{\theta}^2 2U \{ \cos\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \sin^3\theta)] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^3 + \\
& + \sin\theta [2R^2 (\cos^2\theta - \sin^3\theta) - 3h^2 \sin\theta - (3\cos^2\theta - \sin^4\theta)(R^2 - h^2)] (R^2 \sin^2\theta + \\
& + h^2 \cos^2\theta)^3 - \sin\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \sin^3\theta)] (12(R^2 \sin^2\theta + \\
& + h^2 \cos^2\theta)(R^2 \cos\theta - h^2 \sin\theta)) \} (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-6} + 2\dot{\theta}\dot{U} \{ \cos\theta [-R^2 \cos\theta \times \\
& \times \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \sin^3\theta)] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^3 (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-6} + \\
& + \sin\theta [\cos\theta (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta) - \sin^3\theta \cos\theta (R^2 - h^2)] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-3} \} \Downarrow + \\
& + m_i [R_p \ddot{\alpha} \sin \dot{\alpha} t + R_p \dot{\alpha}^2 \cos \dot{\alpha} t + g \cos \dot{\alpha} t] / \{ U 2 \sin\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \\
& + \sin^3\theta) (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^3] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-6} \} \times \\
& \times \{ 1 + [\sin\theta \sqrt{(R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)} + \cos\theta (R^2 \sin\theta \cos\theta - h^2 \cos\theta \sin\theta)] \times \\
& \times (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-1} + \dot{\theta}^2 \{ [-\cos\theta \sqrt{(R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)} - \\
& - \sin\theta (R^2 \sin\theta \cos\theta - h^2 \cos\theta \sin\theta) + \sin\theta (R^2 \sin\theta \cos\theta - h^2 \cos\theta \sin\theta) - \cos\theta (R^2 - \\
& - h^2) (\cos^2\theta - \sin^2\theta)] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta) + 2[\sin\theta \sqrt{(R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)} - \\
& - \cos\theta (R^2 - h^2) \sin\theta \cos\theta] (R^2 \cos\theta - h^2 \sin\theta) \} (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-2} \times \\
& \times \sin^2\theta (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-1} / \{ U 2 \sin\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \\
& + \sin^3\theta) (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^3] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-6} \}; \quad (25)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\ddot{U} = & -\langle -\Downarrow \ddot{\theta} \{ U 2 \sin\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \sin^3\theta) (R^2 \sin^2\theta + \\
& + h^2 \cos^2\theta)^3] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-6} \} + \dot{\theta}^2 2U \{ \cos\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + \\
& + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \sin^3\theta)] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^3 + \\
& + \sin\theta [2R^2 (\cos^2\theta - \sin^3\theta) - 3h^2 \sin\theta - (3\cos^2\theta - \sin^4\theta)(R^2 - h^2)] (R^2 \sin^2\theta + \\
& + h^2 \cos^2\theta)^3 - \sin\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \sin^3\theta)] (12(R^2 \sin^2\theta + \\
& + h^2 \cos^2\theta)(R^2 \cos\theta - h^2 \sin\theta)) \} (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-6} + 2\dot{\theta}\dot{U} \{ \cos\theta [-R^2 \cos\theta \times \\
& \times \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \sin^3\theta)] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^3 (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-6} + \\
& + \sin\theta [\cos\theta (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta) - \sin^3\theta \cos\theta (R^2 - h^2)] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-3} \} \Downarrow + \\
& + m_i [R_p \ddot{\alpha} \sin \dot{\alpha} t + R_p \dot{\alpha}^2 \cos \dot{\alpha} t + g \cos \dot{\alpha} t] / \sin^2\theta (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-1}; \quad (26)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\ddot{\alpha} = & \ddot{\theta} U 2 \sin\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \sin^3\theta) (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^3] \times \\
& \times (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-6} + \dot{\theta}^2 2U \{ \cos\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \sin^3\theta)] \times \\
& \times (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^3 + \sin\theta [2R^2 (\cos^2\theta - \sin^3\theta) - 3h^2 \sin\theta - (3\cos^2\theta - \sin^4\theta) \times \\
& \times (R^2 - h^2)] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^3 - \sin\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \\
& + \sin^3\theta)] (12(R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)(R^2 \cos\theta - h^2 \sin\theta)) \} (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-6} + \\
& + 2\dot{\theta}\dot{U} \{ \cos\theta [-R^2 \cos\theta \sin\theta + h^2 \cos\theta (\cos^2\theta + \sin^3\theta)] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^3 \times \\
& \times (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-6} + \sin\theta [\cos\theta (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta) - \sin^3\theta \cos\theta (R^2 - \\
& - h^2)] (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-3} \} + \ddot{U} \sin^2\theta (R^2 \sin^2\theta + h^2 \cos^2\theta)^{-1} - \\
& - m_i R_p \sin \dot{\alpha} t [R_p \dot{\alpha}^2 \cos \dot{\alpha} t + g \cos \dot{\alpha} t] / m_i (R_p \sin \dot{\alpha} t)^2. \quad (27)
\end{aligned}$$

Дослідження характеру деформування-травмування насіння, представленого рівняннями (9–27), проведемо за способом чисельного їх розв'язку. За початковими параметрами деформування зернівок, геометричними та масовими їх параметрами $R=3\text{--}4$ мм, $m=0,04\text{--}0,05$ гр, на підставі програми файл-функції "ELIPS" розрахунки надамо в наступному вигляді (Додаток 3).

За виконанням пакета прикладних програм побудовані графічні залежності (рис. 2.20, 2.21, 2.22).

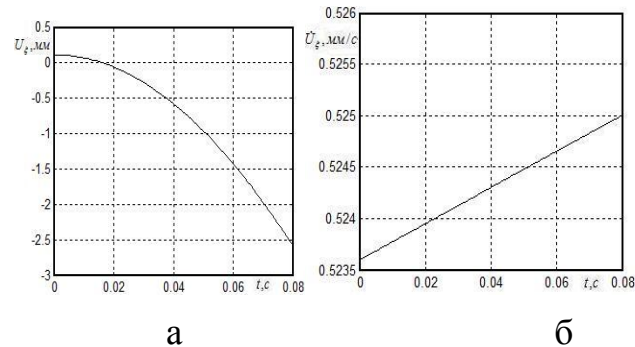


Рис. 2.20. Характер кінематичних параметрів деформації зернівки за напрямком осі $O_1\xi$: а – переміщення, мм; б – швидкості, $\text{мм} \cdot \text{с}^{-1}$.

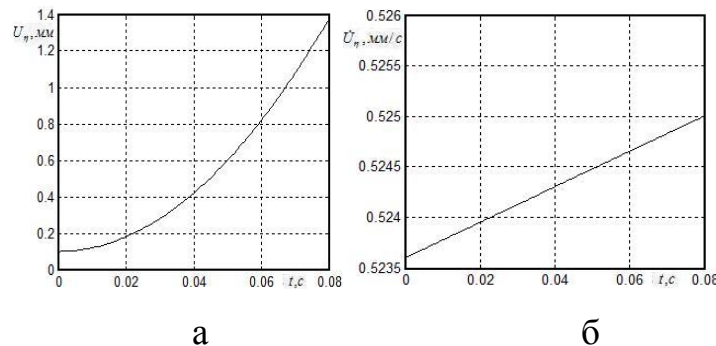


Рис. 2.21. Характер кінематичних параметрів деформації речовини зерна за напрямком осі $O_1\eta$: а – переміщення, мм; б – швидкості, $\text{мм} \cdot \text{с}^{-1}$.

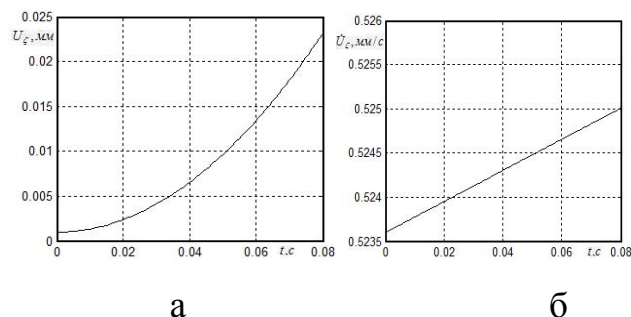


Рис. 2.22. Характер кінематичних параметрів деформації насіння за напрямком осі $O_1\zeta$: а – переміщення, мм; б – швидкості, $\text{мм} \cdot \text{с}^{-1}$.

Результати аналізу графічних залежностей свідчать, що деформація-травмування насіння при взаємодії із поверхнею розподільника очисної машини діаметром 600 мм, який обертається з кутовою швидкістю $6 \text{ рад}\cdot\text{с}^{-1}$, за напрямком осей $O_1\xi$ відбувається в режимі розтягування (рис. 2.22 а), при цьому вона за напрямком осі $O_1\eta$ з плином часу суттєво збільшується (рис. 2.21 а).

Це свідчить, що деформація речовини зерна в площині $O_1\eta\xi$ має тангенціальний характер, який обумовлений обертанням поверхні розподільника машини. Одночасно такі пошкодження насіння за напрямком осі $O_1\xi$ (рис. 2.20 а) не перевищують граничної межі (0,032 мм), що забезпечує надійність виконання технологічного процесу очищення сировини.

Отже, наявність поступальних, тангенціальних та коріолісових компонентів прискорення у системі рівнянь (27) свідчить, що за зовнішньою дією розподільника очисної машини та земного тяжіння пружно-в'язка деформація-травмування зернівок здійснюється не тільки за напрямками їх прямої дії, але й одночасно у площинах, інерційної та неінерційної системи координат, що зумовлює завихрення-кружляння-обертання зернівок.

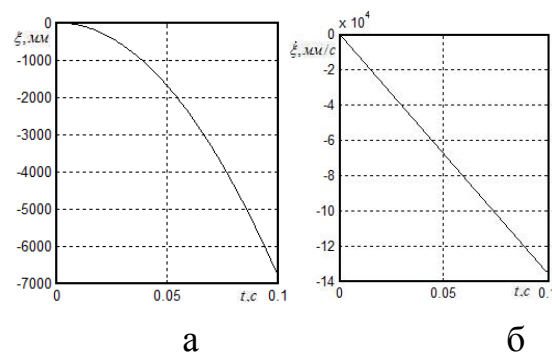


Рис. 2.23. Характер переміщення та швидкості руху зернівок при взаємодії з поверхнею розподільника очисної машини: а, б – за напрямком осі $O_1\xi$

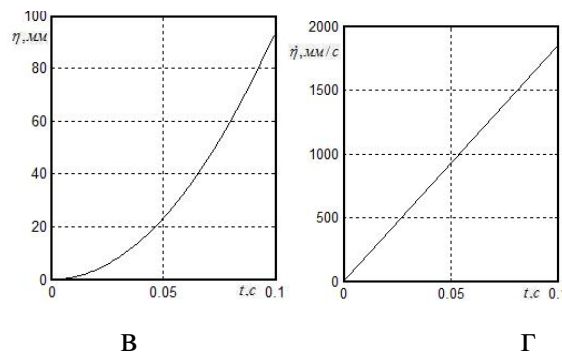


Рис. 2.24. Характер переміщення та швидкості руху зернівок при взаємодії з поверхнею розподільника очисної машини: в, г – за напрямком осі $O_1\eta$.

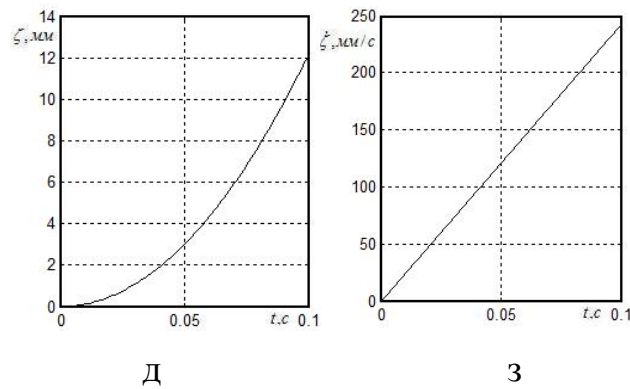


Рис. 2.25. Характер переміщення та швидкості руху зернівок при взаємодії з поверхнею розподільника очисної машини за напрямком осі $O_1\zeta$.

Результати аналізу графічних залежностей (рис. 2.23, 2.24, 2.25) свідчать, що переміщення насіння проходить за напрямком осі $O_1\zeta$ із підвищеною швидкістю обертання розподільника відносно інших напрямків та ймовірністю деформації-травмування насіння.

2.2.4. Дослідження впливу робочих органів вібровідцентрового сепаратора на очищення, травмування та якість насіння

2.2.4.1. Вплив робочих елементів пневмосепаруючого пристосування вібросепаратора на продуктивність, ефективність очищення, травмування та якість насіння

Сепаратор вібровідцентровий містить кожух, пневмосепаруючий пристрій для видалення легких домішок з повітропроводом для їх видалення, розкидачем-віялкою та приймальним конусом (рис. 2.26), вторинний розподільник зернової маси на решета, ремінний барабан для сепарації зерна, що має три секції решіт, встановлених один над одним, ротор, привод розкидачів, ротора вертикального вібраційного руху решіт.

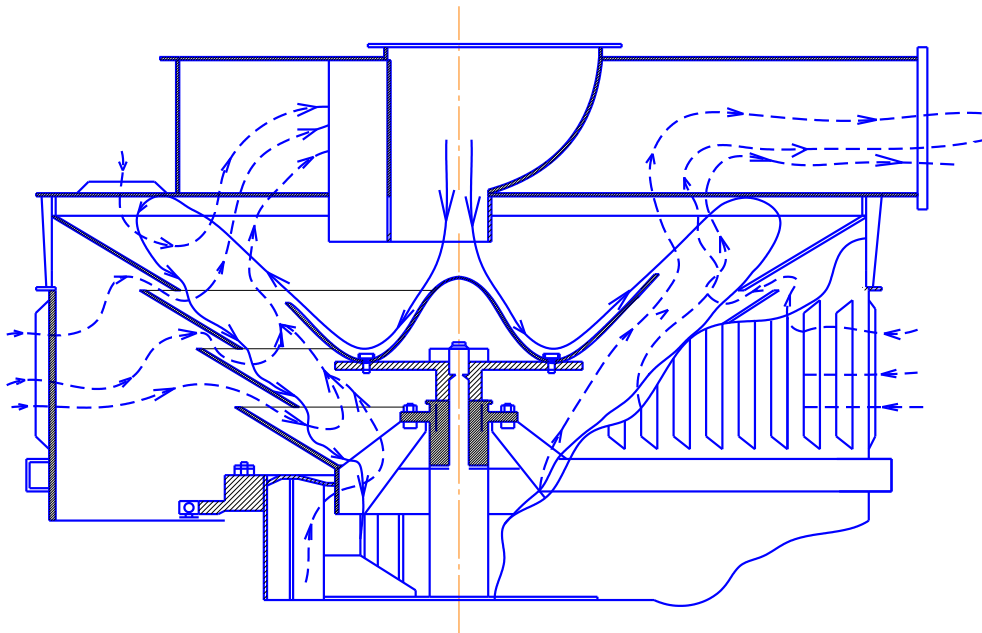


Рис. 2.26. Пневмосепаруючий пристрій вібровідцентрового сепаратора

Зерновий ворох подається в завантажувальний патрубок на розподільник, яким розкидається у пневмосепаруючому каналі, під дією відцентрової та сил тяжіння потрапляє на решітний розподільник, яким направляється на решета, де під дією сепарації і вібрації очищається та рухається вниз сепаратора на вихід (рис 2.27).

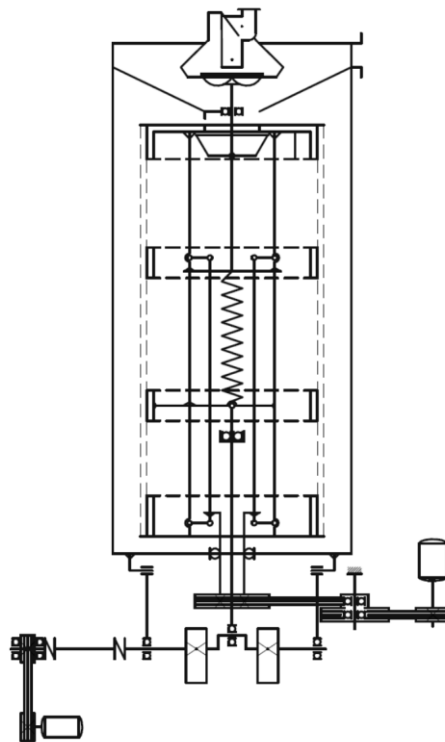


Рис. 2.27. Вібровідцентровий сепаратор типу БЦС.

Потрапляючи в завантажувальний патрубок, зерновий ворох направляється на диск розподільника, рухається вздовж лопаток під дією на нього сил тяжіння $\bar{P}_q$, нормальної реакції диска розподільника $\bar{N}_1$, відцентрованої сили $\bar{P}_n$, сили Коріоліса $\bar{P}_k$, нормальної реакції лопатки розподільника $\bar{N}_2$, сили тертя $\bar{P}_{mp}$, що виникає від нормальних реакцій $\bar{N}_1$ і $\bar{N}_2$ (рис. 2.28).

Для початку необхідно розглянути рівняння руху зернівки по горизонтальній ділянці:

$$m\bar{W}_1 = \bar{P}_n + \bar{P}_k + P_q + N_1 + N_2 + P_{mp}(\bar{N}_1, \bar{N}_2), \quad (1)$$

де W_1 – прискорення зернівки на горизонтальній ділянці.

У цьому випадку рівняння у проекції на вісь O_1r_1 , що проходить поряд з лопаткою диска розподільника, відповідно до існуючого в джерелах рівняння, матиме наступний вигляд:

$$\ddot{r}_1 = \omega^2 \cdot r_1 - 2f \cdot \omega \cdot \dot{r}_1 - f \cdot q. \quad (2)$$

Розв'язок цього рівняння складатиметься із двох частин:

$$x = x_0 + x^+ \quad (3)$$

де x_0 – загальний розв'язок однорідного рівняння,

x^+ – частинний розв'язок рівняння з правою частиною.

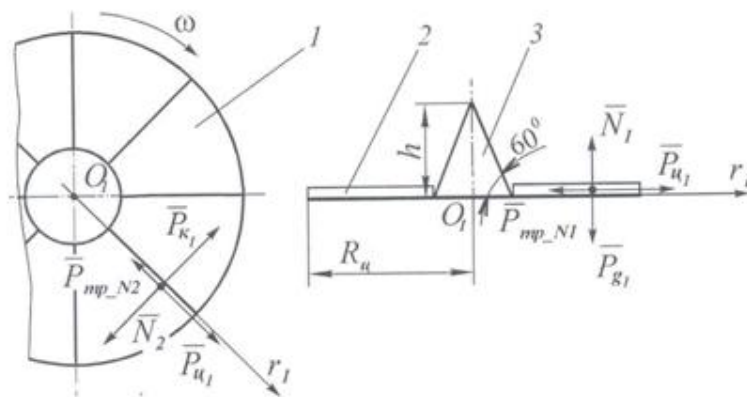


Рис. 2.28. Схема впливу на зернівку під час її руху по диску розподільника:

R_u , h – зовнішній радіус розподільника та висота конуса розподільника,

1 – диск, 2 – лопатка диска, 3 – конус розподільника.

Загальне рішення рівняння x_0 знаходимо після розв'язку однорідного рівняння, що має наступний вигляд:

$$\ddot{r}_1 + 2f \cdot \omega \cdot \dot{r}_1 - \omega^2 \cdot r_1 = 0. \quad (4)$$

Для цього запишемо характеристичне рівняння:

$$\lambda^2 + 2f \cdot \omega \cdot \lambda - \omega^2 = 0. \quad (5)$$

Знаходимо корені цього рівняння:

$$\lambda_{1,2} = \omega \cdot (-f \pm \sqrt{f^2 + 1}). \quad (6)$$

Корені рівняння є дійсними, простими, а тому загальне розв'язання x_0 однорідного рівняння матиме наступний вигляд:

$$x_0 = c_1 e^{\lambda_1 t} + c_2 e^{\lambda_2 t}, \quad (7)$$

де c_1 і c_2 – довільні коефіцієнти.

Частинний розв'язок неоднорідного рівняння буде мати наступний вигляд: $x^+ = c$, тоді: $-\omega^2 c = -f \cdot g$; $c = \frac{fg}{\omega^2}$.

Отже,
$$x^+ = \frac{fg}{\omega^2}. \quad (8)$$

Тоді загальний розв'язок диференціального рівняння (2), враховуючи (3), матиме вигляд

$$r_1 = c_1 \cdot e^{\lambda_1 \cdot t} + c_2 \cdot e^{\lambda_2 \cdot t} + \frac{fg}{\omega^2}. \quad (9)$$

Продиференціюємо розв'язок (9) за часом t :

$$\dot{r}_1 = c_1 \cdot \lambda_1 \cdot e^{\lambda_1 \cdot t} + c_2 \cdot \lambda_2 \cdot e^{\lambda_2 \cdot t} \quad (10)$$

Використаємо для знаходження довільних сталих C_1 та C_2 наступні початкові умови при $t = 0$: $r_1 = r_{10}$, $\dot{r}_1 = \dot{r}_{10}$

Якщо підставити початкові умови у вирази (9) і (10), то отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} r_{10} &= c_1 + c_2 + \frac{f \cdot q}{\omega^2} \\ \dot{r}_{10} &= c_1 \cdot \lambda_1 + c_2 \cdot \lambda_2 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Розв'язуючи систему рівнянь (11), одержимо:

$$C_1 = \frac{\dot{r}_{10}}{\lambda_1} - \left(\lambda_2 \cdot r_{10} - \frac{\lambda_2 \cdot f \cdot g}{\omega^2} - \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot \dot{r}_{10} \right) / (\lambda_1 - \lambda_2) \quad (12)$$

$$C_2 = \left(\lambda_1 \cdot r_{10} - \frac{\lambda_1 \cdot f \cdot g}{\omega^2} - \dot{r}_{10} \right) / (\lambda_1 - \lambda_2) \quad (13)$$

Таким чином отримуємо загальний розв'язок рівняння (2):

$$r_1 = \left[\frac{\dot{r}_{10}}{\lambda_1} - \frac{(\lambda_2 \cdot r_{10} - \frac{\lambda_2 \cdot f \cdot g}{\omega^2} - \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot \dot{r}_{10})}{\lambda_1 - \lambda_2} \right] e^{\lambda_1 t} + \left[\frac{(\lambda_1 \cdot r_{10} - \frac{\lambda_1 \cdot f \cdot g}{\omega^2} - \dot{r}_{10})}{\lambda_1 - \lambda_2} \right] e^{\lambda_2 t} + \frac{f \cdot g}{\omega^2} \quad (14)$$

Траєкторії руху біля лопаток диска розподільника визначені за допомогою програми MAPLE 7 від використання конусів направлення висотою $h = 110; 210; 300$ мм, а кут нахилу твірної конусів до горизонталі становить 60° , що визначає початковий радіус введення зернівок $r_{10} = 0,05; 0,10; 0,15$ мм.

Розрахунки показують, що при частоті обертання $n_p = 110 \text{ хв}^{-1}, 160 \text{ хв}^{-1}, 210 \text{ хв}^{-1}$ найменший початковий радіус, при якому зернівка входить, становить $r_{10} = 265$ мм, що відповідає конусу з висотою $h_{\min} = 300$ мм; при $n_p = 160 \text{ хв}^{-1}$.

Підбирання більшої висоти конуса не має необхідності через конструктивні обмеження пневмосепаруючого пристрою.

На рисунку 2.29 показана залежність швидкості $\dot{r}_1$ руху зернівки по диску при значеннях частоти обертання розподільника $n_p = 110 \text{ хв}^{-1}, 160 \text{ хв}^{-1}, 210 \text{ хв}^{-1}$ та коефіцієнтів тертя по диску розподільника $f = 0,4$.

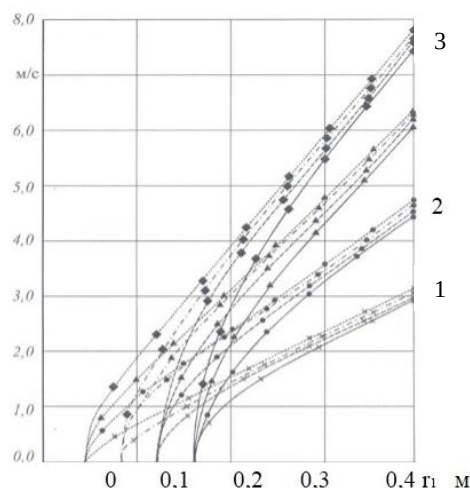


Рис. 2.29. Залежність швидкості $\dot{r}_1$ руху зернівки по поверхні

розподільника з коефіцієнтом тертя $f = 0,4$

1 – $n_p = 110 \text{ хв}^{-1}; h = 110 \text{ мм}; h = 210 \text{ мм}; h = 300 \text{ мм}$

$$2 - n_p = 160 \text{ хв}^{-1}; h=110 \text{ мм}; h=210 \text{ мм}; h=300 \text{ мм}$$

$$3 - n_p = 210 \text{ хв}^{-1}; h=110 \text{ мм}; h=210 \text{ мм}; h=300 \text{ мм}.$$

Внаслідок збільшення частоти обертання n_p розподільника швидкість руху r_1 зернівки по диску зростає і, в залежності від висоти конуса h і частоти обертання n_p , матиме відповідні значення:

$$-h = 110 \text{ мм}; n_p = 110 \text{ хв}^{-1} - r = 3,5 \text{ м/с}; n_p = 160 \text{ хв}^{-1} - r = 6,0 \text{ м/с}$$

$$n_p = 210 \text{ хв}^{-1} - r = 6,5 \text{ м/с}$$

$$-h=210 \text{ мм}; n_p=110 \text{ хв}^{-1} - r= 3,0 \text{ м/с}; n_p=160 \text{ хв}^{-1} - r= 5,7 \text{ м/с};$$

$$n_p=210 \text{ хв}^{-1} - r= 6,0 \text{ м/с}$$

$$-h=300 \text{ мм}; n_p=110 \text{ хв}^{-1} - r= 2,7 \text{ м/с}; n_p=160 \text{ хв}^{-1} - r= 5,4 \text{ м/с};$$

$$n_p=210 \text{ хв}^{-1} - r= 5,8 \text{ м/с}$$

При збільшенні обертання розподільника швидкість руху зернівки по ньому зростає і, в залежності від висоти конуса h та частоти обертання n_p , матиме значення 3,5–6,5 м/с; 3,0–6,0 м/с і 3,3–7,8 м/с (рис. 2.30).

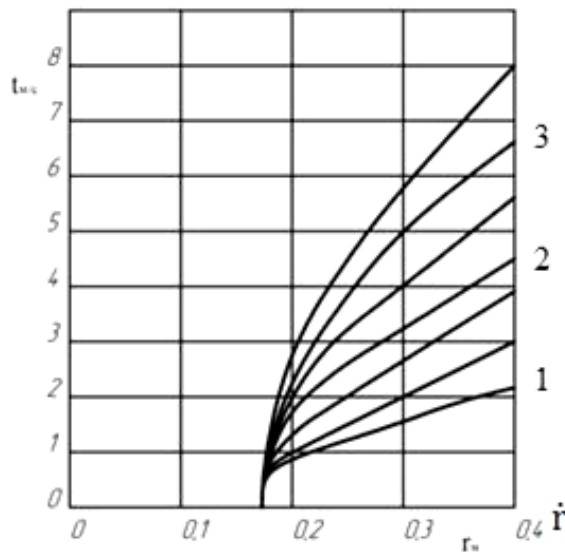


Рис. 2.30. Залежність швидкості r_1 руху зернівки від частоти

обертів розподільника з висотою конуса $h=300$ мм.

$$1 - n_p = 110 \text{ хв}^{-1}; 2 - n_p = 160 \text{ хв}^{-1}; 3 - n_p = 210 \text{ хв}^{-1}.$$

При найменшій величині конуса швидкість проходження зернівок із диска, як видно із розрахунків, максимальна при всіх значеннях частоти обертання розподільника n_p у зв'язку з тим, що початкова координата r_{10} є однією із

найменших, яку ми розглядаємо, через що шлях r_1 набирання швидкості, а відповідно і швидкість проходження зернівки із диска виявились найбільшими, а тому зростає імовірність зіткнення зернівок між собою та робочими поверхнями, що спричинюватиме травмування.

При частоті обертання розподільника $n_p=110 \text{ хв}^{-1}$ час одного його обертання $t/\text{об}$ становить 0,55 с; при $n_p=160 \text{ хв}^{-1}$ – $t/\text{об}=0,38$ с; при $n_p=210 \text{ хв}^{-1}$ – $t/\text{об} = 0,29$ с, тобто значення цього часу знижується, це свідчить про несприятливі умови проходження насіння по каналу аерації, що не забезпечить необхідну якість очищення насіння.

Розглянемо рух зернівки по диску розподільника з конусом максимальної висоти 300 мм, частотою обертання $n_p = 110, 160$ і 210 хв^{-1} , та коефіцієнтом тертя 0,3–0,5 (рис. 2.31).

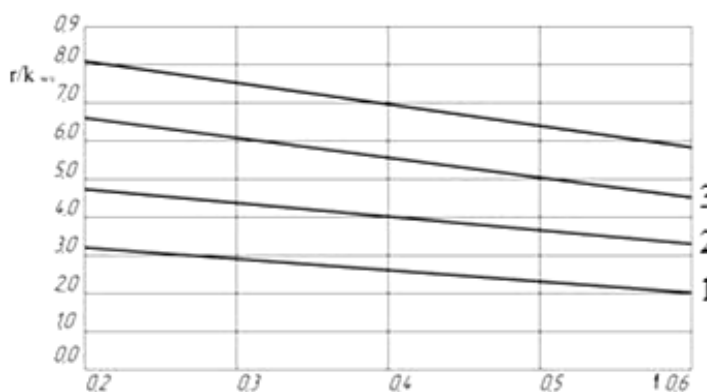


Рис. 2.31. Залежність швидкості проходження зернівок через диск розподільника від коефіцієнта тертя f зернівок, висота конуса $h=300$ мм

1– $n_p=110 \text{ хв}^{-1}$; 2– $n_p=160 \text{ хв}^{-1}$; 3– $n_p=210 \text{ хв}^{-1}$.

При обертанні розподільника $n_p=110 \text{ хв}^{-1}$ швидкість руху зернівки з коефіцієнтом тертя $f = 0,3\text{--}0,5$ перебуває в межах 2,2–3,4 м/с; при $n_p = 160 \text{ хв}^{-1}$ – 3,5 – 5,0 м/с; $n_p = 210 \text{ хв}^{-1}$ – 4,7 – 6,7 м/с.

Швидкість проходження зернівки по розподільнику зі зростанням коефіцієнта тертя зменшується при $n_p = 110 \text{ хв}^{-1}$ – до 2,2 м/с, $n_p = 160 \text{ хв}^{-1}$ – до 3,5 м/с, $n_p = 210 \text{ хв}^{-1}$ – із 6,7 до 4,7 м/с.

При збільшенні частоти n_p розподільника зростає відцентрова сила P_r , що призводить до зростання швидкості руху зернівки при різних значеннях коефіцієнта тертя. При зниженні коефіцієнта тертя, швидкості руху зернівки по диску розподільника та частоти його обертання зменшується сила тертя і відцентрова сила, що сприятиме швидшому та з меншими травмуваннями зернівок входженню їх у аспіраційний канал. Залежності швидкості проходження зернівок по диску розподільника від коефіцієнтів тертя при розглянутих частотах його обертання та висоті конуса розподілення $h=300$ мм подано на рис. 2.31.

Аналіз отриманих даних показує, що швидкість руху зернівок при всіх значеннях коефіцієнта тертя вища від пропонованих, а час проходження їх по розподільнику зі зростанням обертів та тертя знижується майже в два рази, що не сприяє ефективності очищення та зменшенню травмування насіння. При коефіцієнті тертя $f=0,3 - 0,5$ при $n_p=110 \text{ хв.}^{-1}$ час проходження становить $0,21-0,28 \text{ с}$, а при $n_p=210 \text{ хв.}^{-1} - 0,14 \text{ с}$.

Таким чином, при різних висотах конуса розподілення, частотах обертання розподільника рівномірне розподілення зернового вороху по довжині пневмосепаруючого каналу може бути незадовільним через час перебування насіння на розподільнику, що становить $27-42\%$ від часу його одного обертання при різних значеннях коефіцієнта тертя.

Враховуючи умови руху насіння по розподільнику та необхідність рівномірності його розподілення по довжині аспіраційного каналу для досягнення якості очищення і мінімізації травмування, маючи на увазі, що час перебування зернівки на розподільнику більший або дорівнює часу одного його обертання, частота n_p повинна мати наступні значення при різних коефіцієнтах тертя: $f=0,3 - n_p - 41,0-42,0 \text{ хв}^{-1}$; $f=0,4 - n_p - 47,5 - 48,2 \text{ хв}^{-1}$; $f=0,5 - n_p - 53,0 - 54,2 \text{ хв}^{-1}$.

Після проходження через розподільник зерновий ворох під дією відцентрових сил, тяжіння, тертя, маси та інших чинників проходить вздовж лопаток розподільника пневмосепаруючого пристрою перед потраплянням у аспіраційний канал (рис. 2.32).

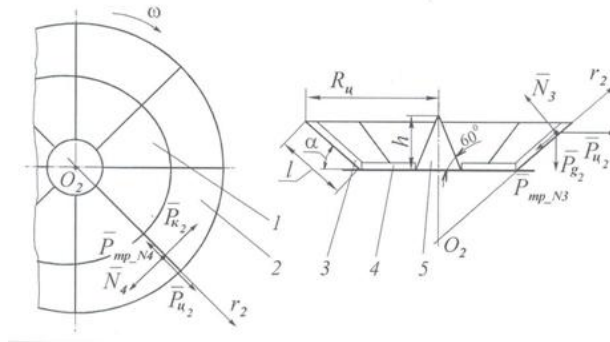


Рис. 2.32. Схема впливу на зернівку під час її руху вздовж похилого

сектора: P_u – зовнішній радіус розподільника; l – довжина сектора;

α – кут нахилу сектора; h – висота конуса; 1 – диск; 2 – похилий сектор;

3 – лопатка сектора; 4 – лопатка диска; 5 – конус розподільника.

Рух будь-якої частини насіння, зернівки або компонентів суміші вздовж лопатки похилого сектора розподільника визначаються диференціальними рівняннями:

$$m\bar{W}_2 = \bar{P}_u + \bar{P}_k + \bar{P}_g + \bar{N}_3 + \bar{P}_{mp}(\bar{N}_3; \bar{N}_4) \quad (15)$$

де $\bar{W}_2$ – прискорення зернівки на похилій ділянці;

$\bar{P}_u$ – відцентрова сила; $\bar{P}_k$ – сила Коріоліса;

$\bar{P}_g$ – сила тяжіння; $\bar{N}_3$ – нормальна реакція похилого сектора розподільника;

$\bar{N}_4$ – нормальна реакція лопаті сектора; $\bar{P}_{mp}(\bar{N}_3; \bar{N}_4)$ – сили тертя, що виникають від нормальної реакції $\bar{N}_3; \bar{N}_4$.

Проектуючи сили на вісь $\bar{O}_2 r_2$, отримаємо:

$$mW_2 = P_u - P_g - f \cdot (P_u + P_g + P_k) \quad (16)$$

де P_u і P_g – значення проєкцій відцентрової сили $\bar{P}_u$ і сили $\bar{P}_g$ тяжіння на вісь $\bar{O}_2 r_2$; P_u P_g – значення проєкції відцентрової сили і сили тяжіння на нормаль до осі $\bar{O}_2 r_2$.

Після підстановки значень необхідних сил і відповідних перетворень вираз (2) буде мати наступний вигляд:

$$\ddot{r}_2 = w^2 \cdot r_2 \cdot \cos \alpha - q \cdot \sin \alpha - w^2 \cdot f \cdot r_2 \cdot \sin \alpha - f \cdot q \cdot \cos \alpha - 2w \cdot f \cdot \dot{r}_2. \quad (17)$$

Рівняння не інтегрується в квадратурах, а тому необхідно визначити координати r і швидкості руху зернівки протягом часу за методом Рунге-Кутта.

Схема для розрахунку координат і швидкості зернівок під час їх руху по похилій ділянці представлена на рисунку 2.33.

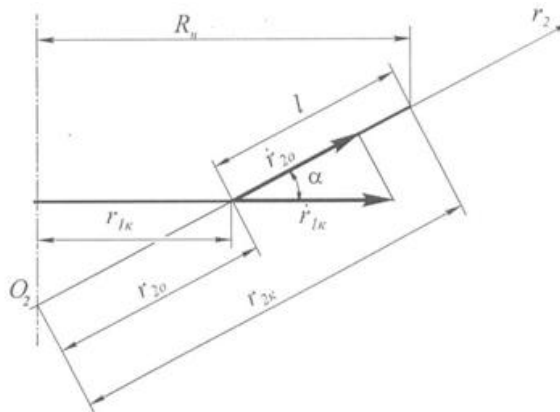


Рис. 2.33. Схема розрахунку координат і швидкості зернівок під час їх руху по похилій ділянці вздовж лопаті сектора: r_{1k} – кінцева координата під час руху зернівки; $\dot{r}_{1k}$ – кінцева координата під час руху зернівки; r_{2k} – початкова координата руху по похилій ділянці; r_{2o} – кінцева координата руху по похилій ділянці.

Залежності швидкості $\dot{r}_{2k}$ проходження зернівки від коефіцієнта тертя f з довжиною секторів $l=135$ мм при значеннях кута нахилу секторів $\alpha=30^\circ, 45^\circ$ і 60° і частоти обертання розподільника $n_p=110, 160, 210$ хв⁻¹ наведено на рисунку 2.34.

Як і при пересуванні зернівки по поверхні диска, збільшення частоти n_p обертання розподільника призводить до зростання швидкості $\dot{r}_{2k}$ проходження зернівки через сектор внаслідок зростання впливу величини відцентрової сили $\bar{P}_c$.

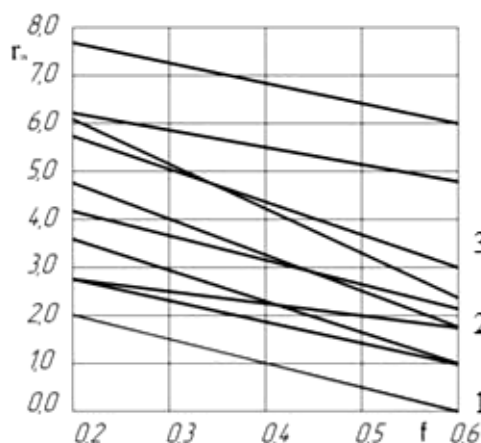


Рис. 2.34. Залежність швидкості $\dot{r}_{2k}$ проходження зернівки навколо похилого сектора розподільника дожиною $l=135$ мм від коефіцієнта тертя f
 1– $n_p=110$ хв⁻¹= 2,0 м/с; 2– $n_p=160$ хв⁻¹=5 м/с; 3– $n_p=210$ хв⁻¹=6 м/с.

На будь-яких режимах швидкість проходження зернівки через сектор розподільника зменшується при зростанні коефіцієнта тертя f через збільшення величини сили тертя $\bar{P}_{mp}(\bar{N}_3; \bar{N}_4)$.

При куті нахилу секторів $\alpha=60^\circ$ і більше не всі зернівки можуть пересуватися вздовж лопаті сектора, а величина відцентрової сили не в змозі в повній мірі сприяти такому пересуванню, тому що коефіцієнти тертя більші $f=0,50$ – при $n_p=210 \text{ хв}^{-1}$, більше $f=0,45$ – при $n_p=160 \text{ хв}^{-1}$; більше $f=0,30$ – при $n_p=110 \text{ хв}^{-1}$.

При куті нахилу секторів менше $\alpha=45^\circ$ всі частинки в досліджуваному інтервалі значень коефіцієнтів тертя $f=0,3-0,5$ і частот обертання $n_p=110-210 \text{ хв}^{-1}$ пересуваються вздовж лопаті сектора.

При можливих умовах руху зернівок по розподільниках із секторами довжиною $l=135 \text{ м}$ і рівномірним розподіленням зернової маси по довжині аспіраційного каналу, час проходження зернівки через розподільник дорівнює більше часу одного обертання при коефіцієнтах тертя $f=0,3-0,5$ і не задовольняє жоден із варіантів, що досліджувався при частоті обертання в межах $n_p=110-210 \text{ хв}^{-1}$ і кутах секторів $\alpha=30-60^\circ$.

При цих частотах обертання можливе дотримання умов при деякому збільшенні кутів α нахилу секторів розподільника:

при $f=0,3$: $n_p=110 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=65^\circ$; $n_p=160 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=70^\circ$; $n_p=210 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=75^\circ$;

при $f=0,4$: $n_p=110 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=62^\circ$; $n_p=160 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=63^\circ$; $n_p=210 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=65^\circ$;

при $f=0,5$: $n_p=110 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=51^\circ$; $n_p=160 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=56^\circ$; $n_p=210 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=60^\circ$;

Залежність швидкості $\dot{r}_{2k}$ проходження зернівок навколо сектора довжиною $l=270 \text{ мм}$ від коефіцієнта f тертя при значеннях кута нахилу секторів $\alpha=30, 45$ і 60° та частоті обертання розподільника $n_p=110, 160, 210, \text{ хв}^{-1}$ показано на рисунку 2.35.

Продовжуючи аналіз рисунків, робимо висновок, що довжина секторів в інтервалі значень $l=135-270 \text{ мм}$ менше впливає на швидкість проходження $\dot{r}_{2k}$ зернівок через розподільник, ніж частота n_p його обертання, кут α нахилу секторів та коефіцієнтів тертя по диску, лопатях і похилих секторах розподільника в розглянутому інтервалі їх значень.

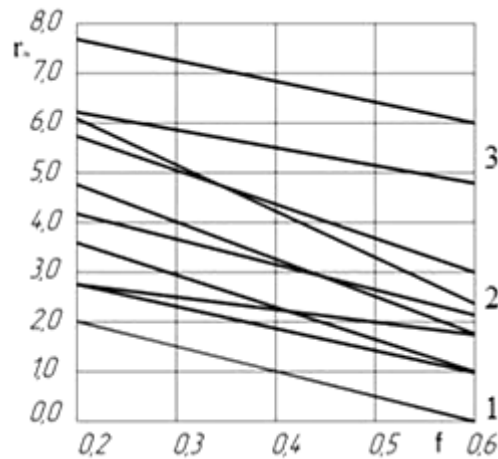


Рис. 2.35. Залежність швидкості $\dot{r}_{2k}$ проходження зернівки навколо похилого сектора розподільника довжиною $l=270$ мм від коефіцієнта тертя f
 1– $n_p=110 \text{ хв}^{-1}=2,0 \text{ м/с}$; 2– $n_p=160 \text{ хв}^{-1}=6,0 \text{ м/с}$; 3– $n_p=210 \text{ хв}^{-1}= >6 \text{ м/с}$.

Для утворення умов руху зернівок по розподільнику із секторами довжиною $l=270$ мм і при рівномірному розподіленні зернового вороху по довжині аспіраційного каналу при коефіцієнті f тертя повинні задовольняти наступні частоти n_p обертання і кути α нахилу секторів :

- при $f=0,3$: $n_p=110 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=61^\circ$; $n_p=160 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=70^\circ$; $n_p=210 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=75^\circ$;
- при $f=0,4$: $n_p=110 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=57^\circ$; $n_p=160 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=61^\circ$; $n_p=210 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=64^\circ$;
- при $f=0,5$: $n_p=110 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=48^\circ$; $n_p=160 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=57^\circ$; $n_p=210 \text{ хв}^{-1}$ - $\alpha=60^\circ$;

Тобто при зростанні частоти обертів розподільника кут α нахилу секторів зменшується при максимальних обертаннях із 75° до 60° , а мінімальних – відповідно 60° до 48° , а це значить, що різниця становить $12\text{--}15^\circ$.

Після диска розподільника зерновий ворох спрямовується в аспіраційний канал пневмосепарувального пристрою, де на будь-яку його частинку, і насамперед та найбільше на насіння, впливають сили $\overline{P}_g$ тяжіння і сили $\overline{R}_B$ опору повітря під час його руху (рис. 2.36).

У цьому випадку диференціальне рівняння руху зернівки у векторній формі буде мати наступний вигляд:

$$m\overline{W} = \overline{P}_g + \overline{R}_B, \text{ де } \overline{W} - \text{прискорення зернівки}$$

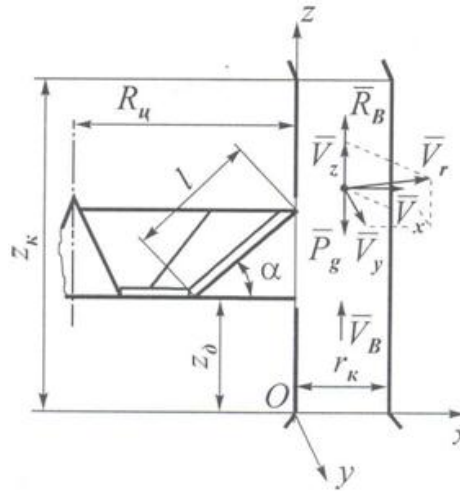


Рис. 2.36. Схема розміщення осей і сил, що діють на зернівку при відповідному радіусі розподільника в аспіраційному каналі: $r_k=h_k$ – кінцева координата руху зернівки в каналі; $z_q=0,2$ м – координата встановлення диска розподільника; $z_k=0,55$ м – висота аспіраційної ділянки каналу.

В проекціях на осі декартової системи координат Ox, Oy і Oz вищенаведене векторне рівняння набуде вигляду:

$$m \cdot \ddot{x} = R_{Bx}; \quad (1) \quad m \cdot \ddot{y} = R_{By}; \quad (2) \quad m \cdot \ddot{z} = R_{Bz} - Pq. \quad (18)$$

Врахувавши вираз для сили $\bar{R}_B$, відобразимо її проекції на осі за допомогою наступних розрахунків:

$$R_{Bx} = -m \cdot k_n \cdot V_r^2 \cdot \frac{V_{rx}}{V_r} = -m \cdot k_n \cdot V_r \cdot V_{rx}; \quad (19)$$

$$R_{By} = -m \cdot k_n \cdot V_r^2 \cdot \frac{V_{ry}}{V_r} = -m \cdot k_n \cdot V_r \cdot V_{ry}; \quad (20)$$

$$R_{Bz} = -m \cdot k_n \cdot V_r^2 \cdot \frac{V_{rz}}{V_r} = -m \cdot k_n \cdot V_r \cdot V_{rz}, \quad (21)$$

де V_{rx}, V_{ry}, V_{rz} – проекції відносної швидкості на осі координат Ox, Oy, Oz , що визначаються виразами:

$$V_{rx} = V_x - V_{Bx}; \quad V_{ry} = V_y - V_{By}; \quad V_{rz} = V_z - V_{Bz}. \quad (22)$$

В такому разі модуль відносної швидкості можна вирахувати за формулою:

$$V_r = \sqrt{(V_x - V_{Bx})^2 + (V_y - V_{By})^2 + (V_z - V_{Bz})^2}. \quad (23)$$

Якщо зробимо припущення, що рух повітря від обертання дискового розподільника не буде впливати на рух повітря, що створюється вентилятором пневмосистеми, то отримаємо:

$$V_{rx} = V_x; V_{ry} = V_y; V_{rz} = V_z - V_B. \quad (24)$$

Після цього рівняння (1) – (3) матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= -k_n \cdot \dot{x} \cdot \sqrt{x^2 + y^2 + (\dot{z} - V_B)^2} & \ddot{y} &= -k_n \cdot \dot{y} \cdot \sqrt{x^2 + y^2 + (\dot{z} - V_B)^2} \\ \ddot{z} &= -q - k_n \cdot (\dot{z} - V_B)^2 \cdot \sqrt{x^2 + y^2 + (\dot{z} - V_B)^2} \end{aligned} \quad (25)$$

Система рівнянь (11) також вирішується за методом Рунге-Кутта, де за умовну позначку підрахунку осей координат прийнято на осях O_x і O_y початок проходження частинок по дисковому розподільнику, а по осі O_z – нижню частину аспіраційного каналу.

Під час розрахунку проекцій траєкторії руху частинок, які мають різні аеродинамічні властивості при різних швидкостях V_n повітря в каналі, а також при різних частотах n_p обертання, довжини l і куті α нахилання секторів дискового розподільника, вважаємо, що зернівка виходить із зони сепарування при $z \leq 0$ і $z \geq z_k$ ($z_k = 0, 1$ м).

Відстань r_1 від внутрішньої стінки аспіраційного каналу до зернівки визначаємо за формулою:

$$r_i = \sqrt{(R_H + x_i)^2 + y_i^2} - R_H, \quad (26)$$

де x_i і y_i – координати частинок по осях O_x і O_y у часі t_i .

Початковими умовами руху зернівки при цьому будуть:

$$x(0) = 0; y(0) = 0; z(0) = z_g + l \cdot \sin \alpha \quad (27)$$

$$\dot{x}(0) = \dot{r}_{2k} \cdot \cos \alpha; y(0) = 2\pi \cdot n_p \cdot R_H; \dot{z}(0) = \dot{r}_{2k} \cdot \sin \alpha,$$

де $z_g = 0,2$ м – координата встановлення диска розподільника.

Наступні розрахунки показують, що швидкість $\dot{r}_{2k} = \sqrt{\dot{x}_{2k}^2 + \dot{z}_{2k}^2}$ проходження частинок через розподільник суттєво впливає на траєкторію їх руху у вертикальному положенні.

Траєкторія руху зернівок у аспіраційному каналі, швидкість руху повітря $V_{\text{п}}=7,5$ м/с, коефіцієнти їх тертя $f=0,3$ і швидкість витання $V_{\text{вит}}=7,5$ м/с, у залежності від конструктивних параметрів дискового розподільника, показані на рисунку 2.37.

Внаслідок збільшення частоти обертання розподільника, що досліджувалося в інтервалі $n_p=110\text{--}210$ хв⁻¹, координати z_i мають великі значення в будь-який період часу t_i через збільшення швидкості. У цьому стані зернівки після переміщення по розподільнику без секторів по горизонтальній ділянці мають майже однакові напрямки руху в аспіраційному каналі, а їх швидкості без ділянки гальмування під час проходження через розподільник виявляються суттєвими і, відповідно, становлять $\dot{x}_{2k}=3,0\text{--}7,5$ м/с. У зв'язку з цим при глибині каналу $h_k=150$ мм при досягненні зовнішньої стінки каналу $r_k=150$ мм відмінності координат по вертикалі і осі O_z становили $\Delta r_k=1,5\text{--}5,0$ мм, а швидкості зернівки при досягненні зовнішньої стінки при $n_p=110\text{--}210$ хв⁻¹ мають, відповідно, значення $\dot{x}_k=3,0\text{--}7,5$ м/с, $\dot{y}_k=4,5\text{--}2,0$ м/с, $\dot{z}_k=0,5\text{--}0,2$ м/с.

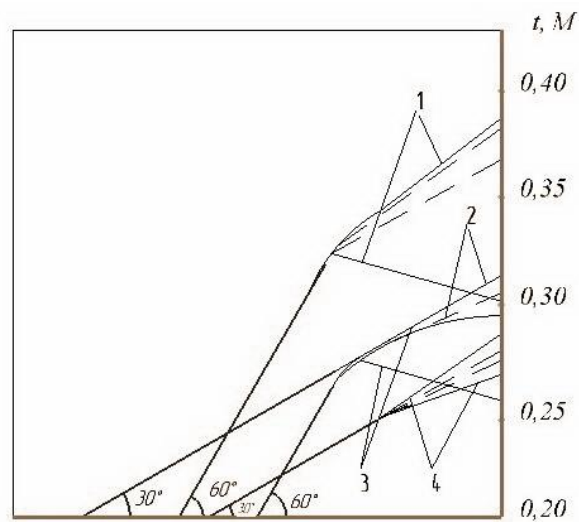


Рис. 2.37. Шлях руху зернівок від обертів розподільника у аспіраційному каналі:

$f=0,3$ – коефіцієнт тертя зернівки; $V_{\text{вит}}=7,5$ м/с – швидкість витання;

$V_{\text{п}}=7,5$ м/с – від конструктивних параметрів дискового розподільника;

1 – кут нахилення секторів $\alpha=60^\circ$, а їх довжина $l=270$ мм; 2 – $\alpha=30^\circ$ при довжині $l=270$ мм; 3 – $\alpha=60^\circ$ при довжині $l=135$ мм; 4 – $\alpha=30^\circ$ при довжині $l=135$ мм.

При секторах з кутом нахилу $\alpha=30^\circ$ і різних частотах n_p обертання розподільника шляхи руху зернівок мало відрізняються. При довжині сектора $l=135$ мм і $n_p=110\text{--}210$ хв⁻¹ ($\dot{x}_{2k}=1,0\text{--}5,5$ м/с) зміна координат по осі Oz становить $\Delta z_k=1,5\text{--}9,5$ мм, швидкості зернівок по зовнішній стінці, відповідно, мають значення $\dot{x}_k=2,0\text{--}5,5$ м/с, $\dot{y}_k=4,7\text{--}12,5$ м/с, $\dot{z}_k=0,8\text{--}3,0$, а при довжині $l=270$ мм мають значення $\dot{x}_{2k}=2,0\text{--}5,5$ м/с, зміна координат, відповідно, становить $\Delta z_k=1,8\text{--}10,5$ мм, а швидкості відповідно – $\dot{x}_k=2,0\text{--}5,5$ м/с, $\dot{y}_k=4,5\text{--}12,5$ м/с, $\dot{z}_k=0,8\text{--}3,2$ м/с.

При куті нахилу $\alpha=30^\circ$ секторів частота n_p обертання значно впливає на шлях руху зернівок, при довжині секторів $l=135$ мм і $n_p=110\text{--}210$ хв⁻¹ та значеннях $\dot{x}_{2k}=0,4\text{--}1,8$ м/с зміна координат по осі $\bar{O}z$ становить $\Delta z_k=1,5\text{--}9,5$ мм, а швидкість насіння на зовнішній стінці, відповідно, становить $\dot{x}_k=2,0\text{--}5,5$ м/с, $\dot{y}_k=4,5\text{--}12,5$ м/с, $\dot{z}_k=0,8\text{--}3,2$ м/с.

При куті нахилу $\alpha=60^\circ$ секторів частота n_p обертання значно впливає на шлях руху зернівок. При довжині секторів $l=135$ мм і $n_p=110\text{--}210$ хв⁻¹ та значеннях $\dot{x}_{2k}=0,4\text{--}1,8$ м/с зміна координат по осі $\bar{O}z$ становить $\Delta z_k=2,5\text{--}10,4$ мм, швидкості – відповідно – $\dot{x}_k=0,5\text{--}2,0$ м/с, $\dot{y}_k=4,5\text{--}12,0$ м/с, $\dot{z}_k=0,4\text{--}2,7$ м/с, а при $l=270$ мм та значеннях $\dot{x}_{2k}=0\text{--}1,5$ м/с зміна координат по осі Oz становить $\Delta z_k=5,2\text{--}92,0$ мм, а швидкості – відповідно – $\dot{x}_k=0\text{--}1,5$ м/с, $\dot{y}_k=4,5\text{--}12,0$ м/с, $\dot{z}_k=0,8\text{--}3,0$ м/с.

На ефективність відокремлення домішок із зернового вороху в аспіраційному каналі значний вплив має також час t_k перебування насіння у зоні сепарування, що залежить від конструктивних параметрів дискового розподільника.

На рисунку 2.38 показано вплив цих параметрів на час t_i і відстань r_i , яку проходить зернівка при швидкості витання $V_{\text{вит}}=7,5$ м/с, швидкості руху повітря $V_{\text{п}}=7,5$ м/с і коефіцієнті тертя $f=0,3$. Відповідно до умов, що розглядаються, найбільший час перебування зернівки в зоні сепарування забезпечується при частоті обертання умовного розподільника $n_p=110$ хв⁻¹, кутах нахилу секторів $\alpha=60^\circ$ та їх довжині $l=270$ мм.

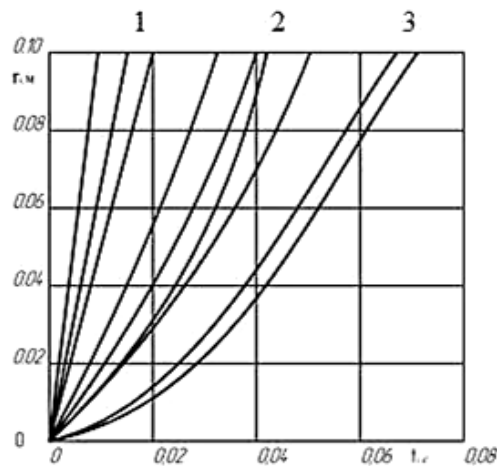


Рис. 2.38. Залежність координат r_i зернівки у аспіраційному каналі від часу t_i і конструктивних параметрів дискового розподільника: 1– n_p –210 хв^{-1} ; 2– n_p –160 хв^{-1} ; 3– n_p –110 хв^{-1} $f=0,4$ – коефіцієнт тертя зернівки; $V_{\text{вит}}=7,5$ м/с – швидкість витання; $V_{\text{п}}=7,5$ м/с – швидкість руху повітря; 1 – кут нахилу секторів $\alpha=30^\circ$, а довжина $l=135$ мм; 2 – кут $\alpha=30^\circ$, а довжина $l=270$ мм; 3 – кут $\alpha=45^\circ$, а $l=135$ мм; 4 – кут $\alpha=60^\circ$, а $l=270$ мм; 5 – кут $\alpha=60^\circ$, а $l=135$ мм; 6 – кут $\alpha=60^\circ$, а $l=270$ мм.

Продовжуючи аналіз, видно, що при зменшенні частоти n_p обертання дискового розподільника час t_k перебування зернівки в зоні сепарування зростає. Найкращі умови сепарування зернової суміші в аспіраційному каналі забезпечуються при незначних швидкостях проходження зернівок через дисковий розподільник, які залежать від фізико-механічних властивостей зернового вороху та конструкційно-технологічних параметрів розподільника, а наявність секторів довжиною $l=135$ і $l=270$ мм сприяє збільшенню часу t_k перебування частинок у зоні сепарування, але це впливає менше на час t_k у порівнянні з частотою n_p обертання і кутом α нахилу секторів.

У зоні аераційного каналу, що забезпечує довжину верхньої і нижньої його частини вздовж розташування конусів та при рівномірному розподіленні швидкості руху повітря і зернової маси, що надходить на очищення по довжині та глибині каналу, збільшується ефективність виділення

неповноцінних, легких домішок із продовольчого і насіннєвого матеріалу та зменшується можливість зіткнення зернівок і їх травмування.

Оптимальна частота n_p обертання за відсутності похилих секторів розподільника повинна мати наступні величини при коефіцієнтах f тертя зернівок: $f=0,3 - n_p = 41 - 42 \text{ хв}^{-1}$; $f=0,4 - n_p = 47,5 - 48,2 \text{ хв}^{-1}$; $f=0,5 - n_p = 53,0 - 54,2 \text{ хв}^{-1}$ також сприяє найкращим умовам розподілення насіння і мінімальному його травмуванню.

Якщо ставиться завдання застосування інших частот n_p обертання дискового розподільника, то для регулювання швидкості проходження зернівок через нього потрібно використовувати сектори з різними кутами нахилу та довжини.

При потраплянні в аспіраційний канал зернового вороху із коефіцієнтами тертя $f=0,3 - 0,5$ та використанням різної довжини похилих секторів і розміщенням конусів на внутрішній поверхні каналу аспірації, що покращить продування повітрям насіннєвого шару, який переміщується із розподільника до решіт, краще буде проходити процес очищення з меншим травмуванням, якщо розподільник матиме конструкційно-технологічні параметри з довжиною лопаті похилого сектора 135 мм при f тертя 0,3 – 0,5 $n_p - 110 - \alpha = 62^\circ - 50^\circ$; $n_p - 160 - \alpha = 68^\circ - 55^\circ$; $n_p - 210 - \alpha = 70^\circ - 60^\circ$, а із довжиною секторів $l=270$ мм при f тертя 0,3 – 0,5 відповідно: $n_p - 110 - \alpha = 60^\circ - 47^\circ$; $n_p - 160 - \alpha = 66^\circ - 51^\circ$; $n_p - 210 - \alpha = 70^\circ - 59^\circ$.

Результати досліджень свідчать, що, проходячи через аспіраційний канал, найкращі умови очищення і найменше травмування зернівки будуть мати при меншій частоті обертання розподільника та проходженні через нього зернівок з меншими швидкостями.

Наявність конусів на внутрішній частині каналу аспірації значно покращує продування шару насіння, що сприяє поліпшенню його очищення.

Наявність похилих секторів різної довжини сприяє збільшенню часу t_k перебування зернівок у зоні сепарування, але довжина менше впливає на час t_k , у порівнянні з частотою n_p обертання і кутом α нахилу сектора розподілення.

Підбирання оптимальних конструкційно-технологічних параметрів пневмосепаруючого пристрою сприяє покращенню підготовки високоякісного насіння та зменшенню його травмування.

2.2.4.2. Дослідження руху і травмування зернівок по диску розподільника на циліндричні решета

Після пневмосепаруючого пристрою насіння потрапляє на дисковий розподільник, де за рахунок відцентрової сили інерції розподіляється по поверхні циліндричного решета. У більшості випадків зернівки потрапляють не в центр диска, а на деякій відстані R_0 від нього (рис. 2.39).

Позначимо радіус дискового розподільника через R_g , а відстань від центра диска (точки О) до точки потрапляння зернівки на диск через R_0 . В поточний момент часу t – через R . Величина R_0 має випадковий характер, але в першому наближенні існує середнє її значення, що дорівнює R_0 , α – кутове переміщення диска в його обертальному русі навколо вертикальної осі, φ – кутове переміщення зернівки у її відносному русі по поверхні диска; θ – кутове переміщення зернівки у абсолютному русі.

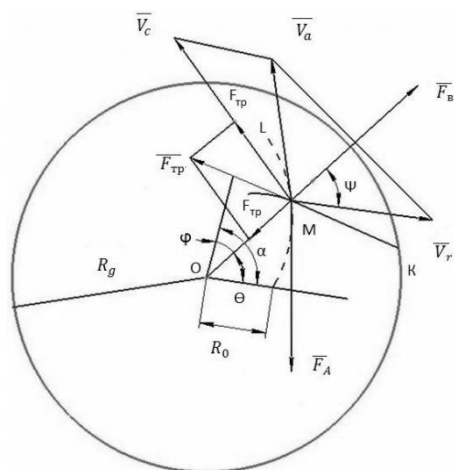


Рис. 2.39. Траєкторія відносного та абсолютного руху зернівки по поверхні дискового розподільника та схема сил, які діють на зернівку у відносному русі,

де MK – відносна траєкторія руху зернівки,

ML – абсолютна траєкторія руху зернівки M ;

$\vec{V}_a, \vec{V}_r, \vec{V}_c$ відповідно абсолютна, відносна, переносна швидкість руху зернівки M .

Згідно з теорією відносного руху матеріальної точки, необхідно написати рівняння відносного руху зернівки по поверхні диска у векторній формі:

$$m \bar{a} = \overline{F_{\text{вц}}} + \overline{F_k} + \overline{F_{\text{тр}}}, \quad (1)$$

де $m \bar{a}$ – прискорення відносного руху зернівки по поверхні диска;

$\overline{F_{\text{вц}}}$ – відцентрова сила інерції, яка діє на зернівку;

$\overline{F_k}$ – сила Коріоліса; $\overline{F_{\text{тр}}}$ – сила тертя.

Оскільки під дією сили Коріоліса зернівка рухається не вздовж радіуса, а по деякій кривій МК (рис. 2.39), то напрямки відцентрової сили інерції $\overline{F_{\text{вц}}}$ і напрямки сили Коріоліса $\overline{F_k}$ будуть змінюватися зі значними складнощами. Але оскільки ці сили, а також сили тертя $\overline{F_{\text{тр}}}$, відіграють основну роль у проходженні технологічного процесу, то побудовано силову схему (рис. 2.39).

Враховуючи складність проектування зазначених сил на осі координат, а отже, і при складанні диференціальних рівнянь відносного руху зернівки по диску, розглянемо її рух в абсолютній системі координат, використовуючи методику академіка П. М. Василенка [2].

Для цього вибираємо полярну систему координат (R, θ) , в якій розглянемо абсолютний рух зернівки.

Як відомо, абсолютна швидкість точки в полярній системі координат вираховується з виразу:

$$v_a = \sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\theta}^2} \quad (2)$$

де $\dot{R}$ – радіальна складова вектора $\overline{v_a}$;

$R\dot{\theta}$ – тангенціальна складова вектора $\overline{v_a}$.

Для складання диференціальних рівнянь руху зернівки по диску застосовуємо рівняння Лагранжа другого роду. За узагальнені координати беремо R і θ , оскільки дана механічна система має два ступеня вільності, в цьому випадку рівняння Лагранжа мають наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{R}} - \frac{\partial T}{\partial R} &= Q_R \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}} - \frac{\partial T}{\partial \theta} &= Q_\theta \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де T – кінетична енергія механічної системи, Q_R, Q_θ – узагальнені сили.

Спочатку визначаємо кінетичну енергію зернівки, що рухається по диску:

$$T = \frac{mV_a^2}{2},$$

або, враховуючи вираз (2), матимемо:

$$T = \frac{m}{2} (\dot{R}^2 + R^2 \dot{\theta}^2) \quad (4)$$

Визначаємо необхідні частинні похідні, що входять у рівняння (3):

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{R}} &= m\dot{R}; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{R}} \right) = m\ddot{R}; \quad \frac{\partial T}{\partial R} = mR\dot{\theta}^2; \\ \frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}} &= mR^2\dot{\theta}; \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}} = m(2R\dot{\theta} + R^2\ddot{\theta}); \\ \frac{dT}{d\theta} &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Підставляючи отримані вирази (5) у рівняння (3), матимемо наступну систему диференціальних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{R} - R\dot{\theta}^2 &= Q_R \\ mR(2\dot{\theta} + R\ddot{\theta}) &= Q_\theta \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Узагальнені сили Q_R і Q_θ , як відомо, визначаються з виразів елементарних робіт усіх прикладених до механічної системи сил у напрямку можливих переміщень, у даному випадку δR і $\delta \theta$.

Єдиною прикладеною силою у площині диска є лише сила тертя $\overline{F_{TP}}$, яка, як відомо, дорівнює:

$$F_{TP} = fmg,$$

де f – коефіцієнт тертя зернівки з поверхнею диска, m – маса зернівки,

g – прискорення сили тяжіння.

Оскільки елементарну роботу у напрямку можливих переміщень δR і $\delta \theta$ буде виконувати не вся сила тертя $\overline{F_{TP}}$, а лише її проекції на радіальний і тангенціальний напрямки на поверхні диска відповідно, то зазначені проекції будуть, відповідно, дорівнювати:

$$F_{TPR} = -fmg \cos \Psi \quad (7)$$

$$F_{TP\theta} = fmg \sin \Psi \quad (8)$$

де Ψ кут між радіальним напрямком на диску і вектором відносної швидкості $\overline{V_r}$ в поточний момент часу t або між радіальним напрямком і вектором сили тертя $\overline{F_{TP}}$. Оскільки $\cos \Psi$ і $\sin \Psi$ – це напрямні косинуси вектора $\overline{V_r}$ відносно радіального і тангенціального напрямку на диску, то вони в полярній системі координат знаходяться з виразів:

$$\cos \Psi = \frac{\dot{R}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\phi}^2}} \quad (9)$$

$$\sin \Psi = \frac{R \dot{\phi}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\phi}^2}}, \quad (10)$$

де ϕ – кутове переміщення зернівки у її відносному русі по поверхні диска.

Тоді розглянуті значення елементарних робіт $Q_R \delta R$ і $Q_\theta \delta \theta$, відповідно, будуть дорівнювати:

$$Q_R \delta R = (-fmg \cos \Psi) \delta R,$$

$$Q_\theta \delta \theta = (fmg \sin \Psi) R \delta \theta,$$

або, враховуючи вирази (9) і (10), отримаємо:

$$Q_R \delta R = \left(-fmg \cdot \frac{\dot{R}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\phi}^2}} \right) \delta R, \quad (11)$$

$$Q_\theta \delta \theta = \left(fmg \cdot \frac{R \dot{\phi}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\phi}^2}} \cdot R \right) \delta \theta. \quad (12)$$

Таким чином узагальнені сили дорівнюють:

$$Q_R = -fmg \frac{R}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\varphi}^2}}, \quad (13)$$

$$Q_\theta = fmg \frac{R\dot{\varphi}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\varphi}^2}} \cdot R. \quad (14)$$

Підставляючи вирази (13) і (14) відповідно у перше і друге рівняння системи (6), отримаємо :

$$\begin{aligned} \ddot{R} - R\dot{\theta}^2 &= -fg \frac{R}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\varphi}^2}} \\ 2\dot{R}\dot{\theta} + R\ddot{\theta} &= fg \frac{R\dot{\varphi}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\varphi}^2}} \end{aligned} \quad (15)$$

Зведемо систему рівнянь (15) до однієї змінної φ . Як видно з рисунку 2.39,

$$\theta = \alpha - \varphi, \quad (16)$$

де $\alpha = \omega_g t$, $\omega_g = \text{const}$ – кутова швидкість диска, – отримаємо вирази:

$$\theta = \omega_g t - \varphi, \quad \dot{\theta} = \omega_g - \dot{\varphi}, \quad \ddot{\theta} = -\ddot{\varphi}. \quad (17)$$

Враховуючи (17), система рівнянь (15) набуде такого вигляду:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{R} - R(\omega_g - \dot{\varphi})^2 &= -fg \frac{R}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\varphi}^2}} \\ R\ddot{\varphi} - 2\dot{R}(\omega_g - \dot{\varphi}) &= -fg \frac{R\dot{\varphi}}{\sqrt{\dot{R}^2 + R^2 \dot{\varphi}^2}} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Система диференціальних рівнянь (18) є передбачуваною системою рівнянь руху зернівки по диску розподільника насіння по циліндричних решетах.

Вона являє собою систему нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку, яку, як відомо, можна проінтегрувати лише наближеними чисельними методами, наприклад, методом Рунге-Кутта з допомогою персонального комп'ютера.

Сформулюємо необхідні початкові умови:

$$\text{при } t = 0 : \quad R = R_0; \quad \varphi = 0; \quad \dot{R} = 0; \quad \dot{\varphi} = 0. \quad (19)$$

Розв'язком системи рівняння (18) чисельними методами будують графіки функцій:

$$\dot{R}(t), \dot{\varphi}(t), R(t), \varphi(t).$$

З графіка функції $R(t)$, який показує переміщення зернівки по диску протягом часу t в радіальному напрямку, при $R = R_g$, де R_g – радіус диска, можна визначити час T , коли зернівка сходить з диска розподільника насіння на решета.

Після цього з графіка $\dot{\varphi}(t)$ знаходимо швидкість кутового переміщення $\dot{\varphi}(T)$ у відносному русі зернівки по диску у момент часу T , а з графіка $\dot{R}(t)$ – радіальну швидкість $\dot{R}(T)$ в момент часу T . Після цього з виразу (17) при $t = T$ визначаємо $\dot{\theta}(T)$:

$$\dot{\theta}(T) = \omega_g - \dot{\varphi}(T) \quad (20)$$

За виразом (2) знаходимо абсолютну швидкість сходження зернівки з диска розподільника:

$$v_a(T) = \sqrt{[\dot{R}(T)]^2 + R_g^2 [\dot{\theta}(T)]^2}. \quad (21)$$

З цією швидкістю зернівка потрапляє на поверхню циліндричного решета, де відбувається ударна взаємодія зернівки з поверхнею решета, що таким чином може призвести до її травмування або навіть руйнування.

2.2.4.3. Дослідження ударної взаємодії зернівок з поверхнею циліндричного решета після сходження з диска розподільника

Після сходження зернівки з диска-розподільника вона потрапляє на поверхню верхнього циліндричного решета. Позначимо швидкість $\overline{v_a}(T)$ сходження зернівки з диска через V , а оскільки відстань від краю диска до поверхні решета досить мала, то будемо вважати, що з цією ж швидкістю вона потрапляє і на поверхню решета. В результаті відбувається ударна взаємодія зернівки з поверхнею решета, що зможе призвести до травмування або руйнування зернівки.

Розглянемо силову схему цієї ударної взаємодії зернівки (рис. 2.40).

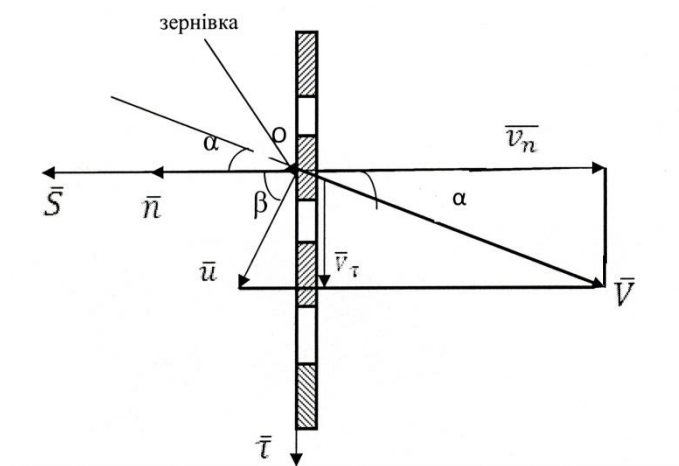


Рис. 2.40. Схема ударної взаємодії зернівки з поверхнею циліндричного решета після сходження зернівки з диска-розподільника.

Припустимо, що, падаючи, зернівка ударяється об поверхню решета під деяким кутом α до нормалі циліндричної поверхні решета. Враховуючи досить високу швидкість сходження зернівки з диска, кут α близький до нуля або дорівнює нулю. Крім того, тривалість удару настільки мала, що обертальним рухом решета можна знехтувати і вважати, що відбувається удар зернівки об нерухому поверхню, яку теж можна в цих умовах вважати ідеальною, а отже, що ударний імпульс $\bar{S}$ спрямований по нормалі до циліндричної поверхні решета (рис. 2.40).

Скористаємось тепер теоремою про зміну кількості руху при ударі [1]

$$m \bar{U} - m \bar{V} = S \bar{n}, \quad (1)$$

де m – маса зернівки, $\bar{U}$ – швидкість зернівки після удару ; $\bar{V}$ – швидкість зернівки до удару, S – величина ударного імпульсу , $\bar{n}$ – одиничний вектор нормалі.

Проектуючи векторне рівняння (22) на осі $\bar{\tau}$ і $\bar{n}$, отримаємо :

$$U_{\tau} - V_{\tau} = 0, \quad U_n - V_n = \frac{1}{m} S. \quad (2)$$

З першого рівняння (23) отримаємо $U_{\tau} = V_{\tau}$, тобто дотична складова швидкості V_{τ} зберігає свій модуль і напрям після удару.

Нормальна складова завжди змінює напрям, модуль її змінюється в залежності від величини ударного імпульсу S .

Припустимо, що ε – коефіцієнт відновлення, тобто відновлення модуля нормальної складової швидкості після удару до цієї складової до удару [1].

Тоді

$$U_n = -\varepsilon V_n. \quad (3)$$

Підставляючи (24) у (23), отримаємо:

$$-\varepsilon V_n - V_n = \frac{1}{m} S, \text{ при } \varepsilon = 0,8 \quad \text{або} \quad -V_n(1 + \varepsilon) = \frac{1}{m} S. \quad (4)$$

Оскільки ударний імпульс визначається з виразу:

$$S = \int_0^{t_{уд}} F_{уд} dt,$$

де $F_{уд}$ – ударна сила, $t_{уд}$ – тривалість удару, то

$$S = F_{уд.ср} t_{уд}, \quad (5)$$

де $F_{уд.ср}$ – середня ударна сила за час удару $t_{уд}$.

З виразу (26) знаходимо:

$$F_{уд.ср} = \frac{S}{t_{уд}}. \quad (6)$$

Максимальна сила удару $F_{уд}$ [1] приблизно дорівнюватиме:

$$F_{уд} = 2F_{уд.ср},$$

або, враховуючи вираз (27):

$$F_{уд} = \frac{2S}{t_{уд}} \quad (7)$$

Підставивши значення імпульсу S з виразу (25), отримаємо:

$$F_{уд} = \frac{2mV_n(1+\varepsilon)}{t_{уд}}. \quad (8)$$

Знак " – " у виразі (29) опускаємо, тому що нас цікавить лише величина ударного імпульсу S .

Як видно з рисунку 2.40,

$$V_n = V \cos \alpha,$$

тоді вираз (29) набуде наступного вигляду:

$$F_{уд} = \frac{2mV(1+\varepsilon) \cos \alpha}{t_{уд}}. \quad (9)$$

В більшості випадків, як зазначалось вище, кут α близький до нуля, а тому $\cos \alpha \approx 1$.

В результаті отримаємо:

$$F_{yg} = \frac{2mV(1+\varepsilon)}{t_{yd}} \quad (10)$$

Для уникнення травмування або руйнування, щоб зернівка не зруйнувалася при ударі, необхідна наступна умова:

$$F_{yg} \leq [F_{yd}],$$

де $[F_{yd}]$ – допустима сила удару зернівки об поверхню решета, при якій вона не травмується. Враховуючи вираз (31), отримаємо умову:

$$\frac{2mV(1+\varepsilon)}{t_{yg}} \leq [F_{yd}].$$

Створюються обмеження на максимальну швидкість сходження зернівки з диска-розподільника:

$$V_{max} \leq \frac{[F_{yd}] \cdot t_{yd}}{2m(1+\varepsilon)}, \quad (11)$$

що, в свою чергу, створює обмеження на кутову швидкість диска-розподільника та сприяє зниженню травмування насіння.

Експериментально підтверджено, що за допустимої сили удару менше 150 н, часу протікання удару 0,002 с, маси 1000 зернівок 40–50 грам, коефіцієнті відновлення швидкості після удару 0,85, обмеження максимальної швидкості сходження до 2–2,5 м/с, створюватиме обмеження на максимальну швидкість диска розподільника, що сягає більше 5 м/с та сприятиме зниженню мікротравмування з 35–40 % до 9–14 % і суттєво впливатиме на якість насіння.

2.2.4.4. Дослідження динаміки відносного руху зернівки по поверхні циліндричного решета

При дослідженні технологічного процесу сепарації зернового вороху та можливого травмування зернівок необхідно розглянути динаміку відносного руху насіння по реальній поверхні циліндричного решета.

Для побудови диференціального рівняння відносного руху зернівки необхідно надати еквівалентну схему сил, що діють на неї при переміщенні по поверхні решета.

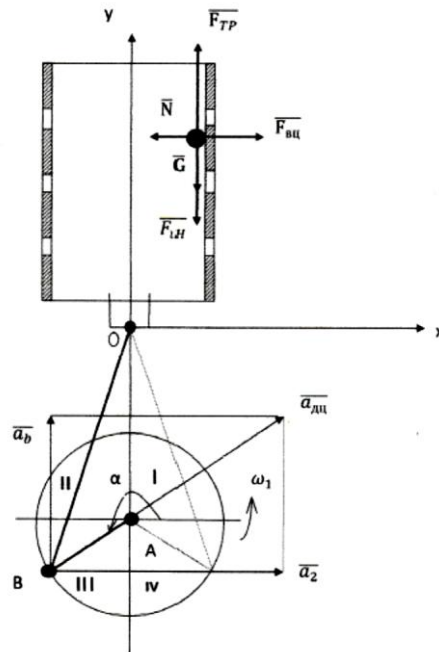


Рис. 2.41. Еквівалентна схема сил, що діють на зернівку при відносному переміщенні вниз по поверхні решета.

Розглянемо рухому систему декартових координат XOY , жорстко зв'язаних з циліндричним решетом (рис. 2.41), і в цій системі координат дослідимо рух зернівки.

Введемо наступні позначення: R – радіус циліндричного решета, м; $\overline{a_{дц}}$ – доцентрове прискорення точки B , м; r – радіус кривошипа (ексцентриситет) вібратора, м; ω – кутова швидкість обертального руху циліндричного решета, c^{-1} ; ω_1 – кутова швидкість обертального руху кривошипа вібратора, c^{-1} ; α – кут повороту кривошипа, рад; A – центр обертання кривошипа вібратора; M – точка решета, в якій у даний момент часу перебуває зернівка; m – маса зернівки, кг; $\bar{G}$ – вага зернівки, Н; $\overline{F_{вц}}$ – відцентрова сила інерції, яка діє на зернівку в результаті обертального руху решета, Н; $\bar{N}$ – нормальна реакція поверхні циліндричного решета, що діє на зернівку, Н; $\overline{F_{TP}}$ – сила тертя зернівки по поверхні, Н; $\overline{F_{ін}}$ –

сила інерції, яка діє на зернівку в результаті зворотно-поступального, тобто вібраційного руху, решета, Н.

Визначимо сили, які подані на еквівалентній схемі (рис. 2.41.).

$$G = mg \quad F_{\text{вц}} = mR\omega^2 \quad N = F_{\text{вц}} = mR\omega^2 \quad F_{\text{тр}} = f \cdot N = f \cdot m \cdot R \cdot \omega^2$$

Силу інерції $F_{\text{ін}}$, яка діє на зернівку в результаті зворотно-поступального, тобто вібраційного руху решета, визначимо наступним чином.

Оскільки вібрації надаються решету від ексцентрикового вібратора, кривошип якого здійснює обертання навколо точки А (рис. 2.41) з постійною кутовою швидкістю ω_1 , то очевидно, що прискорення решета у вертикальному зворотно-поступальному русі змінюється за синусоїдальним законом. Отже, доцентрове прискорення точки В (рис. 2.41) буде дорівнювати:

$$a_{\text{дц}} = r\omega_1^2,$$

а його вертикальна складова, яка надає прискорення решету у зворотно-поступальному русі, буде змінюватися за законом:

$$a_{\text{в}} = -a_{\text{дц}} \sin \alpha \quad \text{або} \quad a_{\text{в}} = -r\omega_1^2 \sin \omega_1 t, \quad (1)$$

де $\alpha = \omega_1 t$ – кут повороту кривошипа вібратора в поточний момент часу t . Якщо точка В при обертанні кривошипа знаходиться у III і IV квадрантах, тобто $\pi + 2\pi n < \alpha < 2\pi + 2\pi n$, $n = 0, 1, 2 \dots$, то прискорення $\overline{a_{\text{в}}}$ точки В, а отже, і решета, в тому числі і точки М (зернівки), буде напрямлене вертикально вгору. Отже, у виразі (1) необхідний знак “–”, тому що синус у цих квадрантах від’ємний. Таке прискорення матиме і зернівка, що міститься на поверхні решета у будь-якій його точці, в тому числі і у точці М.

$$\text{Оскільки} \quad \overline{F_{\text{ін}}} = -m \cdot \overline{a_{\text{в}}},$$

то в цьому випадку сила інерції $\overline{F_{\text{ін}}}$ буде направлена вертикально вниз (рис. 2.41).

Отже, сила інерції, що діє на зернівку, за величиною буде дорівнювати :

$$F_{\text{ін}} = mr\omega_1^2 \sin \omega_1 t \quad (2)$$

Для детального аналітичного дослідження відносного руху зернівки по поверхні решета потрібно застосувати теорію відносного руху матеріальної точки в неінерціальній системі координат. Якраз такою системою координат і є рухома декартова система координат ХОУ, яка жорстко зв’язана з циліндричним решетом. У

цьому випадку в основному законі динаміки повинні враховуватися сили інерції переносного руху, що діють на матеріальну точку, як поправки на неінерціальність системи відліку, в якій розглядається відносний рух матеріальної точки. Переносним рухом зернівки є її рух разом з циліндричним решето, а абсолютним рухом є її рух відносно, наприклад, нерухомої осі обертання циліндричного решета. Тому еквівалентні схеми сил, які діють на зернівку, що подані на рисунку 2.41, якраз і є підставою для складання диференціальних рівнянь руху зернівки відносно рухомої поверхні решета. Виникає необхідність скласти окремо диференціальні рівняння руху зернівок для двох основних випадків: коли вона рухається по поверхні решета вниз і коли вона по цій поверхні рухається вгору. Це зумовлюється зміною напрямку дії сили тертя зернівки $\overline{F_{TP}}$ по поверхні решета на протилежний у цих обох випадках. Звісно, можна описати рух зернівки по решету одним загальним для обох випадків диференціальним рівнянням, однак для цього необхідно у це рівняння ввести функцію $\text{sign}F_{TP}$ (змінний знак сили тертя), яка є розривною функцією, що вносить складнощі при інтегруванні отриманого диференціального рівняння.

Отже, складаємо диференціальне рівняння відносного руху зернівки вниз по поверхні циліндричного решета. Згідно із силовою схемою (рис. 2.41), рівняння руху зернівки у векторній формі матиме вигляд:

$$m \bar{a} = \overline{F_{ін}} + \bar{G} + \overline{F_{TP}} + \overline{F_{вц}} + \bar{N}, \quad (3)$$

де $\bar{a}$ – відносне прискорення зернівки.

У проекціях на вісь ОУ дане рівняння має вигляд:

$$ma_y = -F_{ін} - G + F_{TP}, \quad (4)$$

або

$$ma_y = -ma_{\text{в}} - mg + fN. \quad (5)$$

В III і IV квадрантах (вираз 1) прискорення вібраційного руху решета має від'ємний знак, а тому, підставляючи необхідні вирази для сил, що входять у рівняння (5), отримуємо :

$$m\ddot{y} = mr\omega_1^2 \sin\omega_1 t - mg + fmR\omega^2 \quad (6)$$

де $\ddot{y}$ – прискорення відносного руху зернівки як друга похідна за часом від координати, тобто переміщення зернівки вздовж осі ОУ.

Складаємо далі диференціальне рівняння відносно руху зернівки вгору по поверхні решета. Згідно із силовою схемою (рис. 2.42), рівняння руху у векторній формі матиме вигляд :

$$m \bar{a} = \bar{F}_{iH} + \bar{G} + \bar{F}_{TP} + \bar{F}_{BC} + \bar{N}, \quad (7)$$

або в проекціях на вісь ОУ :

$$ma_y = ma_B - mg - fN. \quad (8)$$

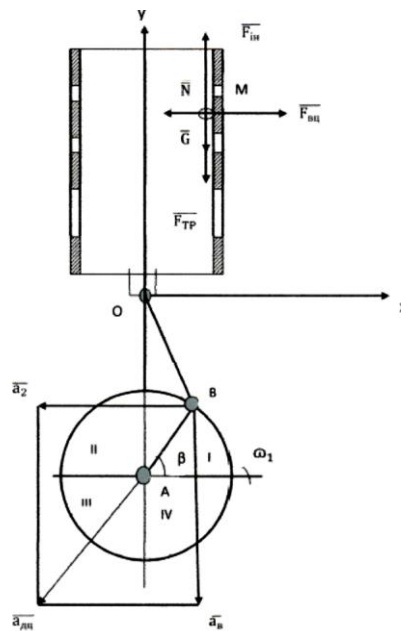


Рис. 2.42. Еквівалентна схема сил, що діють на зернівку при відносному переміщенні вгору по поверхні решета.

Підставляючи необхідні вирази для сил, що входять у рівняння (8), маємо:

$$m\ddot{y} = mr\omega_1^2 \sin\omega_1 t - mg - fmR\omega^2. \quad (9)$$

Для порівняння прискорення позначимо прискорення руху зернівки вниз через $\ddot{y}_1$, а вгору – через $\ddot{y}_2$.

Таким чином диференціальне рівняння відносного руху зернівки вниз виражається залежністю (6), а вгору – залежністю (9).

Щоб визначити відносну швидкість руху зернівки, необхідно проінтегрувати рівняння (6) і (9). Ці рівняння є лінійними диференціальними рівняннями другого порядку, які інтегруються в квадратурах.

Оскільки $\ddot{y}_1 = \frac{dv_1}{dt}$,

то, скоротивши рівняння (6) на m , отримаємо наступне рівняння:

$$\frac{dv_1}{dt} = r\omega_1^2 \sin\omega_1 t - g + fR\omega^2,$$

або

$$dV_1 = r\omega_1^2 \sin\omega_1 t dt - gdt + fR\omega^2 dt, \quad (10)$$

Інтегруючи вираз (10), отримуємо:

$$V_1 = -r_1 \cos\omega_1 t - gt + fR\omega^2 t + C, \quad (11)$$

де C – довільна константа.

Припустимо, що t_{10} – час початку відносного руху зернівки вниз.

Таким чином маємо наступні початкові умови: при $t = t_{10} : V_1 = 0$.

Визначивши константу C з початкових умов і підставивши отримане значення у вираз (11), отримуємо :

$$V_1 = r\omega_1(\cos\omega_1 t_{10} - \cos\omega_1 t) + (fR\omega^2 - g)(t - t_{10}). \quad (12)$$

Залежність (12) визначає величину відносної швидкості руху зернівки вниз у поточний момент часу t .

Аналогічно, інтегруючи рівняння (9), отримаємо вираз для визначення відносної швидкості руху зернівки вгору по поверхні решета у поточний момент часу t :

$$V_2 = r\omega_1(\cos\omega_1 t_{20} - \cos\omega_1 t) - (fR\omega^2 + g)(t - t_{20}) \quad (13)$$

де t_{20} – час початку відносного руху зернівки вгору по поверхні решета, при якому $V_2 = 0$.

Як видно, у вирази (12) і (13) входить час початку руху зернівки вниз t_{10} і вгору – t_{20} , що необхідно визначити.

При русі кривошипа (рис. 2.41) вібратора в III і IV квадрантах можливе відносне переміщення зернівки тільки вниз (сили $\overline{F_{in}}$ і $\overline{G}$ направлені вниз).

Із диференціального рівняння (6) при $\ddot{y} = 0$ можна визначити і кут початку повороту кривошипа α_1 , і час початку руху зернівки вниз.

В результаті отримуємо:

$$-r\omega_1^2 \sin\omega_1 t = fR\omega^2 - g,$$

звідки знаходимо:

$$\sin\omega_1 t = \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2}. \quad (14)$$

З виразу (14) визначаємо кут повороту α_1 кривошипа вібратора, при якому починається рух зернівки вниз:

$$\alpha_1 = \omega_1 t = \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2}, \text{рад}, \quad (15)$$

а з виразу (15) – час початку руху вниз :

$$t_{10} = \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2}, \text{с}. \quad (16)$$

Необхідно відзначити, що рівняння (14), а отже і (15), має два розв'язки. Крім кута α_1 , який міститься у III квадранті, існує кут α_2 , який міститься у четвертому квадранті, з тим же значенням синуса. Якщо кут α_1 є початком зони руху зернівки вниз, то кут α_2 є кінцем зони її руху вниз. Тоді центральний кут $\alpha_2 - \alpha_1$ повороту кривошипа вібратора є зоною руху зернівки вниз під дією схеми сил показаної на рис. 2.41. Причому, ця зона віссю ОУ ділиться навпіл. Очевидно, що кут α_2 буде дорівнювати:

$$\alpha_2 = 2\pi - (\alpha_1 - \pi), \quad \alpha_2 = 3\pi - \alpha_1, \quad (17)$$

де α_1 , як уже зазначалось, обов'язково міститься у III квадранті, де синус завжди від'ємний. Як правило, з рівняння (15) визначається кут α_1 , а з рівняння (17) – кут α_2 .

Визначаємо початок і кінець руху зернівки вгору по поверхні решета згідно зі схемою сил, показаної на рис. 2.42. При русі кривошипа вібратора у I і II квадрантах можливе переміщення зернівки по поверхні решета тільки вгору. Із рівняння (9) переміщення зернівки тільки вгору по поверхні решета при $\ddot{y} = 0$ можемо написати:

$$r\omega_1^2 \sin\omega_1 t = fR\omega^2 + g,$$

звідси знаходимо:

$$\sin \omega_1 t = \frac{fR\omega^2 + g}{r\omega_1^2}. \quad (18)$$

З виразу (18) визначаємо кут повороту β_1 кривошипа вібратора, при якому почнеться рух зернівки вгору:

$$\beta_1 = \omega_1 t = \arcsin \frac{fR\omega^2 + g}{r\omega_1^2}, \text{ рад}, \quad (19)$$

а з виразу (19) – час початку руху зернівки вгору :

$$t_{20} = \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{fR\omega^2 + g}{r\omega_1^2}, \text{ с}. \quad (20)$$

Однак, як і в попередньому випадку, рівняння має два розв'язки. Крім кута β_1 , який міститься у I квадранті, існує кут β_2 , який міститься у II квадранті, з тим же значенням синуса. Якщо кут β_1 є початком зони руху зернівки вгору, то кут β_2 є кінцем зони її руху вгору. Тоді центральний кут $\beta_2 - \beta_1$ повороту кривошипа вібратора є зоною руху зернівки вгору під дією сил (рис. 2.42). Очевидно, що кут β_2 буде дорівнювати:

$$\beta_2 = \pi - \beta_1, \quad (21)$$

де β_1 обов'язково міститься у I квадранті, центральний кут $\beta_2 - \beta_1$ також ділиться віссю ОУ навпіл.

Отже, ми виділили зону повороту кривошипа вібратора $\alpha_2 - \alpha_1$, при якій відбувається рух зернівки по поверхні решета тільки вниз, і зону $\beta_2 - \beta_1$ повороту кривошипа вібратора, при якій відбувається рух зернівки по поверхні решета тільки вгору. В інших двох зонах повороту кривошипа вібратора, що міститься між розглянутими вище зонами, рух зернівки на деяких проміжках цих зон може бути вгору або вниз, у залежності від схеми сил, які діють на зернівку на цих проміжках. Розділити ці дві зони на підзони, де зернівка може рухатись вгору або вниз, досить складно. Все залежить від конкретної схеми сил, що діють на зернівку в даний момент часу. Однак можна стверджувати, що ці підзони значно менші, ніж розглянуті вище, і відносна швидкість руху зернівок у цих підзонах не може досягати таких максимальних значень, яких вона досягає у розглянутих зонах.

Оскільки травмування насіння більш ймовірно при більш високих відносних швидкостях, то достатньо буде детально дослідити рух зернівки у двох вищерозглянутих зонах.

Для зон $\alpha_2 - \alpha_1$ і $\beta_2 - \beta_1$ вище отримано залежності (12) і (13) для визначення відносної швидкості руху зернівки в цих зонах. Підставивши вираз (16) у (12), а вираз (20) у (13), отримаємо:

$$V_1 = r\omega_1 \left(\cos \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} - \cos \omega_1 t \right) + (fR\omega^2 - g) \cdot \\ \times \left(t - \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) \times \quad (22)$$

$$V_2 = r\omega_1 \left(\cos \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} - \cos \omega_1 t \right) - (fR\omega^2 + g) \cdot \\ \times \left(t - \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right). \quad (23)$$

Оскільки травмування насіння більш імовірно при більшій відносній швидкості зернівок, то з цієї точки зору необхідно знати максимальну величину відносної швидкості зернівки під час її переміщення по решету. Для визначення моментів часу, при яких відносна швидкість має максимальну величину, застосовуємо метод дослідження функції на екстремум. Для цього продиференціюємо вирази для відносної швидкості (22) і (23) за часом t і прирівняємо отримані похідні до нуля, в результаті чого отримаємо:

$$r\omega_1^2 \sin \omega_1 t - g + fR\omega^2 = 0 \quad (24) \qquad r\omega_1^2 \sin \omega_1 t - g - fR\omega^2 = 0 \quad (25)$$

З виразів (24) і (25) відповідно отримаємо :

$$\sin \omega_1 t = \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \quad (26) \qquad \sin \omega_1 t = \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \quad (27)$$

Дослідження показали, що вирази (26) і (27) відповідно співпадають з рівняннями (14) і (18), розв'язками яких є кути повороту кривошипа вібратора α_1 і α_2 та β_1 і β_2 , що визначаються за формулами (15) і (19) відповідно. Отже, кути α_1 і α_2 та β_1 і β_2 є кутами, при яких значення відносної швидкості руху зернівки вниз V_1 і вгору $-V_2$ досягають екстремуму.

Оскільки кути α_1 і β_1 є початком руху зернівки відповідно вниз і вгору, то V_1 і V_2 в цих точках дорівнюють нулю, тобто $V_{1min} = V_1(\alpha_1) = 0$ і $V_{2min} = V_2(\beta_1) = 0$.

Таким чином, кути α_1 і β_1 є точками мінімуму відносної швидкості. А оскільки кути α_2 і β_2 є кінцевими точками руху частинки вниз і вгору та є також точками екстремуму для значення відносної швидкості, то очевидно, що в цих точках функції V_1 і V_2 досягають максимальних значень.

Нульових значень у точках α_2 і β_2 вони набувати не можуть, оскільки в середині інтервалів (α_1, α_2) і (β_1, β_2) похідна ніде не дорівнює нулю і відносна швидкість також не дорівнює нулю. Те, що в точках α_2 і β_2 відносна швидкість досягає максимуму, стає зрозумілим також з аналізу силових схем, поданих на рисунках 2.41 і 2.42. Обчисливши α_2 і β_2 за виразами (17) і (21) відповідно, можна визначити час, при якому відносні швидкості V_1 і V_2 досягають максимальних значень:

$$t_{1max} = \frac{\alpha_2}{\omega_1}, \quad t_{2max} = \frac{\beta_2}{\omega_1}. \quad (28)$$

Підставивши значення t_{1max} у вираз (22), а t_{2max} у (23), отримаємо максимальні значення відносної швидкості, які досягатиме зернівка при русі вниз і вгору по поверхні решета відповідно:

$$V_{1max} = r\omega_1 \left(\cos \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} - \cos \alpha_2 \right) + (fR\omega^2 - g) \cdot \left(\frac{\alpha_2}{\omega_1} - \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right), \quad (29)$$

$$V_{2max} = r\omega_1 \left(\cos \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} - \cos \beta_2 \right) - (fR\omega^2 + g) \cdot \left(\frac{\beta_2}{\omega_1} - \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) \quad (30)$$

Це найбільші відносні швидкості, яких може досягти зернівка при русі по поверхні решета за повний оберт кривошипа вібратора ($0 \leq \omega_1 t \leq 2\pi$), або за період часу $0 \leq t \leq \frac{2\pi}{\omega_1}$.

Щоб визначити величину відносного переміщення зернівки по поверхні решета, необхідно проінтегрувати диференціальні рівняння (22) і (23).

Враховуючи, що:

$$V_1 = \frac{dy_1}{dt}, \quad V_2 = \frac{dy_2}{dt},$$

із виразів (22) та (23) відповідно отримаємо :

$$\begin{aligned} dy_1 &= r\omega_1 \left(\cos \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} - \cos \omega_1 t \right) dt + (fR\omega^2 - g) \cdot \left(t - \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) dt \\ dy_2 &= r\omega_1 \left(\cos \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} - \cos \omega_1 t \right) dt - (fR\omega^2 + g) \cdot \\ &\quad \cdot \left(t - \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) dt \end{aligned}$$

Після інтегрування отримаємо вирази для визначення переміщення зернівки вниз і вгору по поверхні решета відповідно:

$$\begin{aligned} y_1 &= r\omega_1 \left(\cos \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) t - r \sin \omega_1 t + (fR\omega^2 - g) \cdot \\ &\quad \cdot \left[\frac{t^2}{2} - \frac{1}{\omega_1} \left(\arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) t \right] + C_1, \end{aligned} \quad (31)$$

$$y_2 = r\omega_1 \left(\cos \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) t - r \sin \omega_1 t - (fR\omega^2 + g) \cdot \left[\frac{t^2}{2} - \frac{1}{\omega_1} \left(\arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) t \right] + C_2, \quad (32)$$

де C_1 і C_2 – довільні константи, які визначаємо відповідно з наступних початкових умов:

$$\text{при } t = t_{10} = \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} : \quad y_1 = 0, \quad (33)$$

$$\text{при } t = t_{20} = \frac{1}{\omega_1} \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} : \quad y_2 = 0 \quad (34)$$

В результаті отримаємо :

$$\begin{aligned} C_1 &= -r \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \left(\cos \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) + \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} - \frac{g - fR\omega^2}{2\omega_1^2} \cdot \\ &\quad \cdot \left(\arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right)^2 \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} C_2 &= -r \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \left(\cos \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) + \frac{g + fR\omega^2}{\omega_1^2} - \frac{g - fR\omega^2}{2\omega_1^2} \cdot \\ &\quad \cdot \left(\arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right)^2 \end{aligned} \quad (36)$$

Підставляючи вираз (35) і (36) відповідно у (31) і (32), отримаємо:

$$y_1 = r\omega_1 \left(\cos \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) t - r \sin \omega_1 t + (fR\omega^2 - g) \left[\frac{t^2}{2} - \frac{1}{\omega_1} \left(\arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) t \right] - r \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \left(\cos \arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) + \frac{g - fR\omega^2}{\omega_1^2} + \frac{(fR\omega^2 - g) \left(\arcsin \frac{g - fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right)^2}{2\omega_1^2} \quad (37)$$

$$y_2 = r\omega_1 \left(\cos \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) t - r \sin \omega_1 t - (fR\omega^2 + g) \cdot \left[\frac{t^2}{2} - \frac{1}{\omega_1} \left(\arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) t \right] - r \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \left(\cos \arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right) + \frac{g + fR\omega^2}{\omega_1^2} - \frac{(fR\omega^2 + g) \cdot \left(\arcsin \frac{g + fR\omega^2}{r\omega_1^2} \right)^2}{2\omega_1^2} \quad (38)$$

Таким чином, вираз (32) ґрунтується на законі переміщення зернівки вниз по поверхні решета, а вираз (38) – вгору. Підставивши замість поточного часу t , час закінчення руху зернівки вниз $t_{1k} = \frac{\alpha_2}{\omega_1}$ у вираз (37), а час закінчення руху зернівки вгору $t_{2k} = \frac{\beta_2}{\omega_1}$ у вираз (38), отримаємо шлях, який пройде зернівка по поверхні решета вниз і вгору відповідно за період руху вниз і вгору.

2.2.4.5. Дослідження процесу травмування насіння при його русі по поверхні циліндричного решета

Однією з основних причин травмування насіння в процесі його руху по поверхні циліндричного решета є ударна взаємодія зернівки з поверхнею та гострою кромкою отвору на поверхні решета в момент часу, коли зернівка потрапляє в отвір решета, маючи при цьому певний запас кінетичної енергії поступального руху зернівки по поверхні решета. Коли зернівка рухається по поверхні решета, на неї діє нормальна реакція $\bar{N}$ поверхні решета. Коли вона зустрічає отвір-комірку, нормальна реакція $\bar{N}$ поверхні решета зникає, тому відцентрова сила інерції $\bar{F}_{вц}$ залишається незрівноваженою, під дією якої зернівка

проникає в комірку, продовжуючи також поступальний рух вздовж поверхні решета. Зустрівшись з поверхнею та кромкою отвору, відбувається ударна взаємодія зернівки з цими робочими елементами. Особливо небезпечним є випадок, коли вектор ударного імпульсу проходить через центр ваги зернівки, що призводить до травмування, а інколи і до руйнування (рис. 2.43).

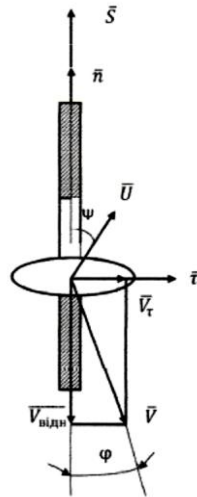


Рис. 2.43. Схема ударної взаємодії зернини з кромкою отвору решета в процесі проникнення зернівки в отвір решета.

$\overline{V_{\text{відн.}}}$ – відносна швидкість руху зернівки по поверхні решета;

$\overline{V_{\tau}}$ – швидкість руху зернівки, що виникає під дією відцентрової сили $\overrightarrow{P_{\text{вц}}}$;

$\overline{V}$ – сумарна швидкість руху зернівки до удару об кромку решета;

$\overline{u}$ – сумарна швидкість руху зернівки після удару;

$\overline{n}$ – одиничний вектор нормалі до поверхні кромки решета ;

$\overline{t}$ – одиничний дотичний вектор до поверхні кромки решета ;

$\overline{S}$ – ударний імпульс, що напрямлений вздовж нормалі до поверхні кромки решета;

φ – кут між вектором швидкості $\overline{V}$ і одиничним вектором нормалі $\overline{n}$.

Очевидно, що зернівка після удару об поверхню кромки отвору решета змінює свою швидкість, величину і напрям. У першому наближенні будемо вважати, що поверхня кромки ідеально гладка, а тому ударна реакція і ударний імпульс направлені вздовж нормалі $\overline{n}$.

Застосуємо теорему про зміну кількості руху при ударі:

$$m \bar{U} - m \bar{V} = S \bar{n} \quad (1)$$

Спроектуємо векторне рівняння (39) на осі $\bar{t}$ і $\bar{n}$ та отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} U_t - V_t &= 0 \\ U_n - V_n &= \frac{1}{m} S \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

З отриманої системи рівняння (40) видно, що $U_t = V_t$, тобто дотична складова швидкості після удару, не змінюється. Визначимо цю дотичну складову, застосувавши основний закон динаміки:

$$ma_t = F_{вц} \quad \text{або} \quad ma_t = m\omega^2 R, \quad (3)$$

де m – маса зернівки;

a_t – прискорення зернівки при русі у отворі решета в напрямку осі $\bar{t}$.

З виразу (41) одержуємо :

$$a_t = \omega^2 R, \quad \text{або} \quad \frac{dV_t}{dt} = \omega^2 R, \quad \text{або} \quad dV_t = \omega^2 R dt. \quad (4)$$

Очевидно, що час руху зернівки від верхньої кромки отвору решета до нижньої або від нижньої до верхньої дорівнює:

$$T = \frac{d}{V_{1max}},$$

де d – діаметр отвору решета, м; V_{1max} – відносна швидкість руху зернівки по поверхні решета вниз, вираз (29).

Проінтегрувавши вираз (42), отримаємо:

$$V_t = \omega^2 RT. \quad (5)$$

Однак час T настільки малий, що практично $V_t \approx 0$ в порівнянні з V_{1max} , вираз (29) або V_{2max} , вираз (30).

Тому при русі зернівки вниз:

$$\bar{V} = \overline{V_{1max}} + \bar{V}_t \approx \overline{V_{1max}}. \quad (6)$$

Аналогічно при русі зернівки вгору:

$$\bar{V} = \overline{V_{2max}} + \bar{V}_t \approx \overline{V_{2max}} \quad (7)$$

Тому очевидно, що і кут $\varphi \approx 0$.

Припустимо, що ε – коефіцієнт відновлення – відношення модуля нормальної складової швидкості після удару до цієї складової до удару, тобто $\varepsilon = \frac{U_n}{|V_n|}$, або $U_n = -\varepsilon V_n$ [1].

Оскільки $\varphi \approx 0$, то $V \approx V_n$, $U \approx U_n$,

а тому:

$$U = -\varepsilon V \quad (8)$$

Підставляючи вираз (46) у друге рівняння системи (40), отримаємо:

$$-\varepsilon V - V = \frac{1}{m} S \quad \text{або} \quad -V(1 + \varepsilon) = \frac{1}{m} S.$$

Оскільки нас цікавить лише величина імпульсу S , то, опускаючи знак "–", отримаємо:

$$S = m(1 + \varepsilon)V, \quad (9)$$

або, враховуючи вираз (44), отримаємо значення ударного імпульсу при русі зернівки вниз по решету:

$$S_1 = m(1 + \varepsilon)V_{1max}. \quad (10)$$

Враховуючи вираз (45), отримаємо значення ударного імпульсу при русі зернівки вгору:

$$S_2 = m(1 + \varepsilon)V_{2max} \quad (11)$$

Ударний імпульс визначається з виразу:

$$S = \int_0^{t_{yd}} F_{yd} dt,$$

де F_{yd} – ударна сила, t_{yd} – час (тривалість) удару, то :

$$S = F_{yd,cp} t_{yd}, \quad (12)$$

де $F_{yd,cp}$ – середня ударна сила за час удару t_{yd} .

З виразу (50) знаходимо :

$$F_{yd,cp} = \frac{S}{t_{yd}}. \quad (13)$$

Згідно з дослідженнями [1], максимальна сила удару $F_{уд}$ приблизно дорівнюватиме:

$$F_{уд} = 2F_{уд,ср},$$

або, враховуючи вираз (51):

$$F_{уд} = \frac{2S}{t_{уд}}. \quad (14)$$

Отже, при русі зернівки вниз по решету, враховуючи вираз (48), отримуємо:

$$F_{уд1} = \frac{2m(1+\varepsilon)V_{1max}}{t_{уд}}. \quad (15)$$

При русі зернини по решету вгору, враховуючи вираз (49), маємо:

$$F_{уд2} = \frac{2m(1+\varepsilon)V_{2max}}{t_{уд}}. \quad (16)$$

Очевидно, щоб зернівка не травмувалася, необхідна наступна умова:

$$F_{уд} \leq [F_{уд}],$$

де $[F_{уд}]$ – допустима сила удару зернівки по поверхні та кромці отвору решета, при якій зернівка не руйнується. Отже, враховуючи вираз (53), матимемо наступну нерівність:

$$\frac{2m(1+\varepsilon)V_{max}}{t_{уд}} \leq [F_{уд}],$$

звідки знаходимо обмеження на максимальну відносну швидкість руху зернівки по поверхні решета вниз:

$$V_{1max} \leq \frac{[F_{уд}]t_{уд}}{2m(1+\varepsilon)}. \quad (17)$$

Аналогічно при русі зернівки по поверхні решета вгору:

$$V_{2max} \leq \frac{[F_{уд}]t_{уд}}{2m(1+\varepsilon)}. \quad (18)$$

Розглянемо ще один варіант травмування зернівки, який також можливий у процесі. При потраплянні зернівки в отвір решета в тому випадку, коли вона досить щільно проходить через комірку решета (розмір поперечного перерізу зернівки близький до діаметра отвору) або лише частково проникає в

отвір решета (максимальний поперечний переріз зернівки дещо більший діаметра отвору), руйнування зернівки може відбутися, як зламування консольної балки, защемленої одним кінцем у нерухомій опорі (рис. 2.44).

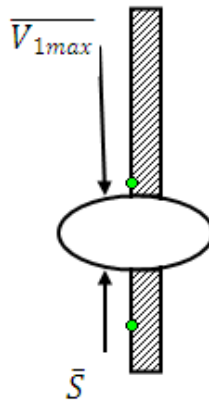


Рис. 2.44. Схема ударної взаємодії при защемленні зернівки в отворі решета при її русі вниз по поверхні решета.

Застосуємо теорему про зміну кількості руху при ударі:

$$m \bar{U} - m \overline{V_{1max}} = \bar{S} \quad (19)$$

У випадку, поданому на рис. 2.44, швидкості зернівки після удару $\bar{U} = 0$ при защемленні у комірці, з виразу (57) отримаємо:

$$S = mV_{1max} \quad (20)$$

Знак " - " опускаємо, тому що нас цікавить лише величина ударного імпульсу S .

Враховуючи вираз (52), можемо написати:

$$F_{уд1} = \frac{2mV_{1max}}{t_{уд}} \leq [F_{уд}], \quad (21)$$

де $[F_{уд}]$ – допустима сила удару по зернівці, яка призводить до її пошкодження. З нерівності (59) отримаємо обмеження на максимальну швидкість руху зернини вниз по решету:

$$V_{1max} \leq \frac{[F_{уд}]t_{уд}}{2m(1+\varepsilon)} \quad (22)$$

Аналогічно отримаємо обмеження на максимальну швидкість руху зернівки вгору по решету:

$$V_{2max} \leq \frac{F_{уд} t_{уд}}{2m(1+\varepsilon)} \quad (23)$$

Тривалість удару візьмемо згідно з [1]: $t_{\text{уд}} = 0,001\text{с}$, це тривалість удару металевої кульки об металеву плиту. Таким чином сила удару, швидкість руху та час її дії впливають на травмування насіння при підготовленні на вібровідцентровому сепараторі.

Експериментально встановлено, що обмеження на максимальну швидкість руху насіння масою 40–50 г вниз і вгору в межах 2,0–2,5 м/с, за часу удару 0,002–0,003 с, допустимої сили удару до 3–5 н, коефіцієнті відновлення швидкості після удару 0,85, знижує імпульс ударяння з поверхнею циліндричного решета, що зменшує мікротравмування на 9,5–15,5 %, порівняно з виробничими умовами.

2.3. Дослідження впливу робочих органів протруювача на травмування і якість насіння

При обробленні насіння отрутохімікатами перед сівбою необхідною умовою є його транспортування та завантаження у протруювач.

На травмування насіння при завантаженні у камеру змішування протруювача до і після протруювання шнековими транспортерами при похилому і вертикальному їх розміщенні впливають багато факторів дії їх робочих елементів.

У зв'язку з тим, що частина з них, у тому числі процес «зворотного висипання», розглянуто, де йдеться мова про транспортування і завантаження, в даному випадку розглянемо роль кута нахилу спіралі гвинта, зусилля притиснення насіння до корпусу – жолоба, критичну частоту обертів гвинта.

Із суті фізичних особливостей переміщення насіння по витках при обертанні гвинта випливає, що при зростанні кута підняття спіралі зростають сили опору руху насіння (рис. 2.45).

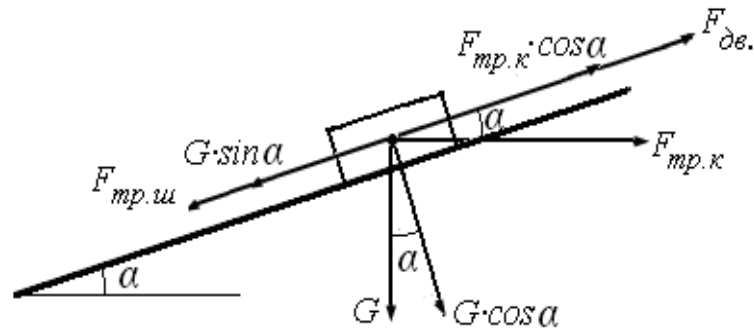


Рис. 2.45. Схема дії сили на зернівку при переміщенні вздовж витків гвинта.

Із даної схеми сил, що діють на певну кількість насіння між витками вздовж гвинта (рис. 2.45) видно, що силою, яка сприяє руху насіння вгору по витках гвинта, є сила тертя з кожухом $F_{тк}$, а протидіють цьому сили тертя з витками гвинта $F_{тг}$ та сили ваги $G \cdot \sin \alpha$, тому різниця між першою і сумою двох інших дозволяє визначити силу, що рухає насіння витками гвинта вгору:

$$F_p = m \cdot \omega_{ш}^2 R \cos \alpha \cdot f_k - g (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot f_{ш}), \quad (1)$$

де $\omega_{ш}$, R – кутова швидкість і радіус шнека; α – кут підняття витка гвинта;

f_k , $f_{ш}$ – коефіцієнт тертя насіння з корпусом і шнеком.

Аналіз зміни інтенсивності сили руху в залежності від кута підняття витка показує, що цей показник є змінною величиною і найменша інтенсивність перебуває в діапазоні $\alpha = 5 - 10^\circ$, а починаючи з $\alpha = 15^\circ$, інтенсивність зростає пропорційно до кута підняття витків гвинта.

Для забезпечення максимальної продуктивності та мінімального травмування насіння кут підняття гвинта шнека повинен бути не меншим 15° .

Має значення вивчення впливу кута нахилу витків на зусилля тиску насіння до корпусу зачеплень від відцентрової сили $F_{вц}$, сили ваги зернівки G та сили тертя насіння зі шнеком $F_{тш}$.

Дослідження показують, що об'єм насіння між витками має лінійну залежність від площі поперечного перерізу шнека, тому аналітична залежність для розрахунку об'єму насіння буде:

$$V_n = K_{об} \cdot D \cdot n_{ш}, \quad (2)$$

де $K_{об}$ – коефіцієнт, що залежить від щільності насіння і відстані між витками, тобто є кроком; $D, n_{ш}$ – діаметр і частота обертання шнека, м і об/хв.

Дані досліджень свідчать про те, що на травмування зернівок впливає не тільки сила тертя, але і відцентрова сила $F_{вц}$, що діє на насіння при обертанні шнека (рис. 2.46).

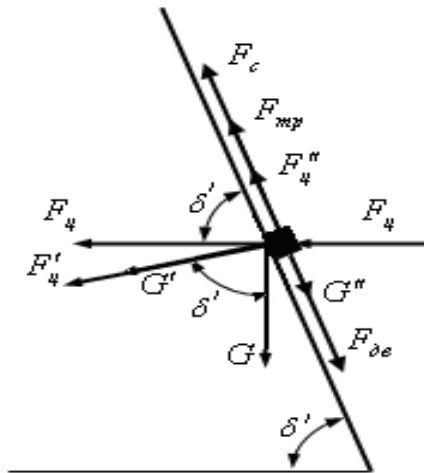


Рис. 2.46. Схема впливу сил на зернівку при обертанні гвинта шнека.

Вивчення нерухомого шару сипкого матеріалу, чим є насіння, що протруюється, є складним.

Постановка задачі теорії пружності, що передбачає певний компонент переміщень, деформацій і напружень у механіці сипучого середовища, в більшості замінюється простішою, в якій деформація виключається із розгляду, а до рівняння рівноваги додається експериментально обґрунтована вимога наявності в кожній точці максимально напруженого стану, тобто виконання критерію Кулона-Мора.

В такому разі статистично визначаючи систему, описуючи кількість насіння, можемо значно спростити подання виразу:

$$\frac{\partial y_x}{\partial x} + \frac{\partial \Phi_{xy}}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial \Pi_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial y_y}{\partial y} = 0,$$

$$\sigma_x - \sigma_y + 4 \cdot \tau_{xy}^2 = \sin^2 \varphi (\sigma_x + \sigma_y + 2H) \quad (3)$$

де $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ – компоненти напружень у декартовій системі координат;

H – тимчасовий опір розрідження; φ – кут внутрішнього тертя; Φ_{xy} – компоненти напружень.

Методи розрахунку розподілення напруження в нерухомому шарі сипучого середовища насіння та його впливу на травмування зернівок є в тій чи іншій системі спрощеннями системи диференціальних рівнянь максимального напруженого стану, для аналізу якого цілеспрямовано слід використовувати математичний метод вирішення системи, вираз (3).

Якщо показати сили дії на зернівку, як добуток тиску на площу, то отримаємо рівняння загального випадку, що описує рух шару насіння у вертикальному гвинтовому транспортері з урахуванням кутової швидкості.

На основі аналізу схеми сил, що діють на зернівку впоперек витка, отримаємо залежність для розрахунку зусилля притиснення насіння до робочої поверхні шнека та можливості його травмування (рис. 2.47).

$$F_{np} = m \cdot \omega_{\text{ш}}^2 \cdot p \cos \gamma + \sin \gamma \cdot f_{\text{ш}} + g(\sin \gamma - \cos \gamma \cdot f_{\text{ш}}) \quad (4)$$

де γ – кут нахилу витка до осі шнека, p – питомий опір.

Розрахунки згідно з виразом (4) показують, що витки, нахилені від осі до периферії шнека, забезпечують зростання зусилля притиснення насіння до корпусу, в порівнянні з варіантом, де витки в поперечному перерізі шнека горизонтальні, що становить –38 % в залежності від частоти обертання шнека.

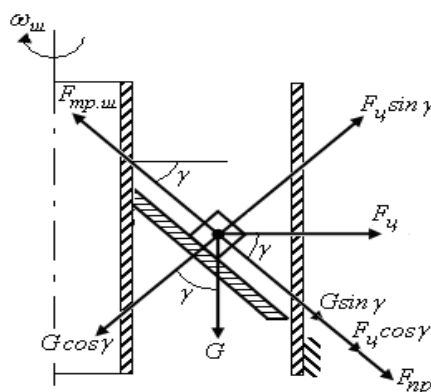


Рис. 2. 47. Схема сил, що діють на зернівку на нахиленому витку гвинта.

Таким чином вираз (4) дає можливість аналітичним шляхом визначити залежність кута γ від коефіцієнта тертя зернівок зі шнеком.

У зв'язку з тим, що перший компонент цієї формули практично не залежить від кута γ в допустимій межі 5° – 20° , зростання зусилля притиснення насіння до корпусу дорівнюватиме нулю, якщо $\sin \gamma = \cos \gamma f_{ш}$ звідки

$$\gamma = \arctg f_{ш} \quad (5)$$

При виготовленні шнека робочу поверхню витка гвинта досконало обробляють, коефіцієнт тертя зернівок з цією поверхнею в більшості дорівнюватиме 0,2–0,3, а тому пропонований кут нахилання витка відносно осі шнека буде перебувати в межах 10 – 15° .

Під критичною частотою обертання розуміють таку частоту обертання вертикального шнека, при якій транспортування-завантаження насіння не відбувається, тому такий розрахунок подамо виразом:

$$n_{кол} \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g [\sin \alpha + f_{ш} \cdot \cos \alpha]}{R \cdot f_{\kappa} [\cos \alpha - f_{ш} \cdot \sin \alpha]}} \quad (6)$$

Розглянемо також формулу для розрахунку критичної частоти обертання вертикального шнека, витки якого розміщені під кутом:

$$n_{кол} \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g [\sin \alpha + \cos \alpha \cdot f_{ш}] f_{\kappa} [\sin \gamma + \cos \gamma \cdot f_{ш} \cos \alpha]}{R f_{\kappa} [\cos \gamma + \sin \gamma \cdot f_{ш}] \cos \alpha}} \quad (7)$$

Аналіз виразу (7) показує, що в цьому випадку, порівняно з попереднім, критична частота обертання вертикального шнека значно менша, а через те, що зменшення цього показника впливає на зниження травмування насіння при цьому процесі, саме це є і свідченням необхідності такої конструкції (рис. 2.48).

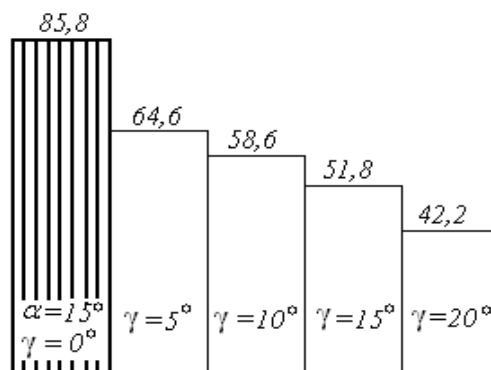


Рис. 2.48. Гістограми розподілення критичної частоти обертання гвинта шнека.

Вивчаючи умови захватування насіння шнеком, виявляємо, що для підвищення ефективності цього процесу та зниження травмування насіння

необхідно розмістити у нижній частині короткий наконечник з двома лопатями, покритими пом'якшувальною травмування гумою або пластиковим матеріалом, бажано, щоб одна лопать була коротшою.

Для продуктивного завантаження та мінімального травмування насіння вертикальним шнеком необхідно також обґрунтувати кут нахилення бокових стінок накопичувального бункера, звідки забиратиметься протруєне насіння або подаватиметься насіння для протруєння у змішувач. На величину цього кута впливатиме не тільки сила тертя зернівок зі стінками бункера, $F_{тр}$, але й відцентрова сила $F_{вц}$, що діє на насіння при обертанні шнека (рис. 2.49).

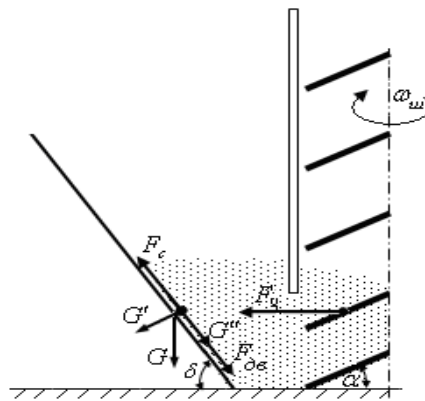


Рис. 2.49. Схема сил, що діють на насіння біля внутрішніх стінок бункера накопичення насіння.

Для визначення кута нахилення бокових стінок отримали вираз:

$$\delta > \arctg \left(\frac{\omega_u^2 R + g \cdot f_c}{g - \omega_u^2 R \cdot f_c} \right), \quad (8)$$

де f_c — коефіцієнт тертя зернівок з внутрішніми стінками накопичувачів насіння.

При надходженні на диск камери змішування протруювача насіння, зернівкам задається доцентрове прискорення, відповідно на них діятиме відцентрова сила $\bar{F}$. При здійсненні диском обертального руху такі зернівки переміщуються під дією сили $\bar{F}$ до краю диска, при сходженні з якого вони в переважній кількості, відокремлюючись одна від одної, вдаряються об внутрішню стінку корпусу камери змішування, отримуючи певні травмування.

Якщо не враховувати співударання між собою при паданні з диска, в зв'язку з врахуванням наявності протруйника і вологи, тобто пружно-в'язкої маси, то прискорення, з яким зернівки летітимуть до стінки протруювача, буде дорівнювати:

$$a_n = \omega^2 R, \quad (9)$$

де ω – кутова швидкість диска, $\text{рад} \cdot \text{с}^{-1}$; R – радіус диска, м.

Тоді сила співударання насіння з корпусом змішувача становитиме;

$$F = m \cdot a_n, \quad (10)$$

де m – маса насіння.

В такому випадку складаємо рівняння руху насіння, яке буде мати такий вигляд:

$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = \hat{F} \left(t, x, y, z, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt} \right), \quad (11)$$

де F – сила, що викликає прискорення зернівок масою m .

Математична модель руху насіння при сходженні з диска камери протруювача отримана на основі рівнянь Лагранжа II роду і має вигляд:

$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = F_p - F_0, \quad (12)$$

де F_p, F_0 – сили руху і опору, що діють на насіння.

$$\text{Силою руху буде } F_p = \frac{M}{2R}, \quad (13)$$

де M – момент на валу двигуна; R – радіус диска.

Під впливом сили F_p відбувається травмування насіння, тому зменшення її та збільшення сили опору буде головним фактором зниження травмування зернівок при протруюванні у камері змішувача.

При сходженні насіння з диска камери змішування протруювача, який обертається зі швидкістю $\omega = 60$ об/хв можливе зіткнення зернівок з внутрішньою частиною. Сила, з якою насіння вдаряється об стінку, буде:

$$F = m \cdot V / \Delta t \quad (14)$$

де m – маса насіння; V – лінійна швидкість при сходженні з диска;

Δt – час, за який зернівка досягає стінки камери.

Загальний вигляд рівняння руху зернівки буде таким:

$$\begin{aligned}
m \frac{d^2 x}{dt^2} &= F_x(t, x(t), y(t), z(t), \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}); \\
m \frac{d^2 y}{dt^2} &= F_y(t, x(t), y(t), z(t), \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}); \\
m \frac{d^2 z}{dt^2} &= F_z(t, x(t), y(t), z(t), \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}),
\end{aligned} \tag{15}$$

де F_x, F_y, F_z – проекції на відповідні осі сил, що викликають прискорення насіння масою m .

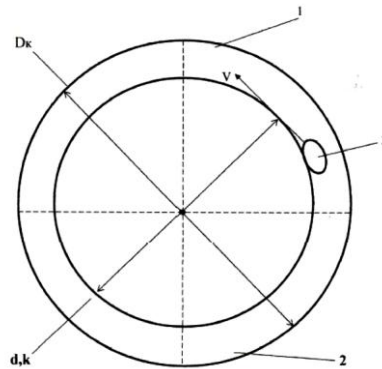


Рис. 2.50. Схема дії сили на зернівку в камері протруювача:

1 – камера протруювача; 2 – рухомий диск; 3 – насіння.

$$\Delta t = (D_k - d_k) / V$$

Математична модель руху зернівки у міжлопатевому просторі камери протруювача при змішуванні отримана на основі рівняння Лагранжа II роду і має вигляд:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_{dx} - F_{cx}; \quad m \frac{d^2 y}{dt^2} = F_{dy} - F_{cy}; \quad m \frac{d^2 z}{dt^2} = F_{dz} - F_{cz}, \tag{16}$$

де $F_{dx}, F_{dy}, F_{dz}, F_{cx}, F_{cy}, F_{cz}$ – проекції на відповідні осі рушійних сил та сил опору, що діють на насіння у камері протруювача при проходженні технологічного процесу.

При проходженні технологічного процесу протруювання травмування насіння відбувається на різних його ділянках, але більше при переміщенні шнековим похилим та вертикальним транспортером і в камері змішування через зіткнення зернівок та падіння їх з певної висоти. Застосувавши метод стохастичного моделювання, візьмемо інтервал часу, за який деяка кількість

насіння проходить певний відрізок шляху, що дорівнює певній ділянці технологічного процесу протруювання.

Тобто цей час буде залежати від довжини скребкового та шнекових транспортерів, швидкості їх обертання, радіуса диска розподілення насіння в камері змішувача та швидкості його обертання, висоти падіння насіння.

Для імітаційного моделювання динаміки руху насіння використано нормальний закон розподілу імовірності падіння зернівок від часу і сили ударяння зі щільністю розміщення:

$$P(t, F) = \frac{1}{D_t D_F \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2D_t^2} - \frac{F^2}{2D_F^2}} \quad (17)$$

де D_t, D_F – середньоквадратичне відхилення часу та сили ударяння при зіткненнях між собою і робочими елементами протруювача. Сила F залежить насамперед від відстані переміщення, висоти падіння та частоти обертання робочих елементів.

Тобто при проведенні моделювання складові ударів F_x, F_y, F_z будуть функціями від часу t : $F_x(t), F_y(t), F_z(t)$. Розрахунок системи (2) виконаний у полярних координатах з використанням пакета MAPLE 7, що віднесено в додатки (Додаток 4).

Порядковість номерів формул у листі MATLAB, які віднесено в додатки, виконано автоматично з метою використання їх у якості міток або вказівників.

При стохастичному моделюванні розглядається травмування насіння, що транспортується за певний час повним оборотом технічного засобу.

Дані рисунка 2.45 і 2.50 показують, що при завантаженні протруювача похилим шнековим транспортером наявність процесу зворотного висипання впливає на травмування насіння при завантаженні та в камері протруювача, що відповідає інтервалу часу від 0 до 2,5 хв. Тобто через 2,5 хв від початку проходження технологічного процесу починається травмування насіння.

На рисунках 2.51. – 2.53 широкою лінією зображені результати моделювання сил, що впливають на травмування, а тонкою – ділянку напруження. Коливання нормальних напружень протікає плавно, що пов'язано з пружними,

пластичними та в'язкими особливостями зернівок. На рисунку 2.53 видно, що дисперсія D_F сили F_z на вертикальну вісь значно перевищує дисперсії проекцій F_x і F_y , це свідчить про те, що при змішуванні в камері протруювача висота падіння перевищує можливі переміщення насіння в площині XOY.

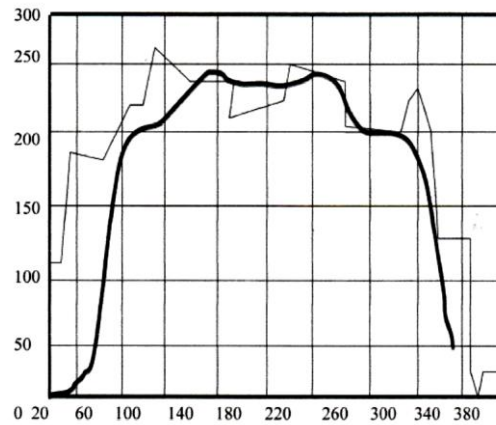


Рис. 2.51. Залежність напруження σ_x та сили F_x від часу t .

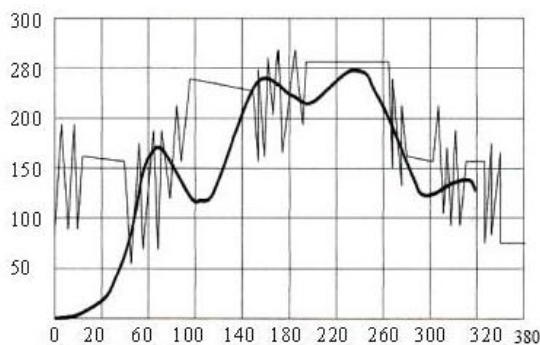


Рис. 2.52. Залежність напруження σ_y та сили F_y від часу t .

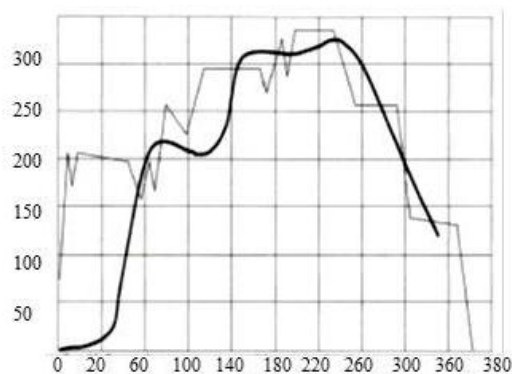


Рис. 2.53. Залежність напруження σ_z та сили F_z від часу t .

Таким чином можна зробити висновок, що травмування насіння відбувається через 2–3 хв від початку технологічного процесу (переміщенні шнековим

транспортером і його надходженні у протруювач), тобто в період перебування його в камері змішування.

Під час протруювання насіння озимої пшениці, експериментально встановлено, що якщо маса 1000 насінин становить 40–50 г, швидкість сходження з диска 5–3,5 м/с, час досягнення стінки камери 0,001–0,002 с, діаметр диска 0,8 м, висота падання 0,5 м, то сила F_c , з якою насіння вдарятиметься зі стінкою камери, становитиме до 2н, а сила F_p під час падання сягатиме до 0,5 н, що сприятиме травмуванню зернівок в межах 5,4–6 %.

Зменшення сили F_p руху в камері протруювача менше 1 н, та збільшення сили F_o опору до 2–3 н, сприятиме зниженню мікротравмування до 2,3–2,5 %, тобто більше ніж у два рази, що вплине на покращення якості насіння.

2.4. Дослідження впливу робочих органів транспортувальних та завантажувальних технічних засобів на травмування і якість насіння

2.4.1. Травмування насіння при транспортуванні та завантаженні скребковими транспортерами

На травмування зернівок при транспортуванні або завантаженні насіння скребковими транспортерами впливають швидкість руху скребків, їх висота, ширина, довжина транспортування, тертя між зернівками та робочими елементами, сили тяжіння, характеристики пружності, маса та інше.

Для дослідження впливу деяких із цих параметрів на травмування зернівок необхідно розглянути їх зв'язок між собою.

$$B_{шк} = \frac{Q \cdot k_h}{k_b \cdot V} \quad (1)$$

$B_{шк}$ – ширина корпусу транспортера; Q – продуктивність жолоба транспортера;

k_h – коефіцієнт висоти жолоба; k_b – коефіцієнт зменшення продуктивності;

V – швидкість руху транспортера, м/с.

Сила тяжіння насіння, що транспортується, дорівнюватиме:

$$G = \frac{\rho B_{\text{ж}}^2 \cdot h_m^2}{2n_g f_1 + \sin \beta B_{\text{ж}} + n_{\text{бм}} h_m} \quad (2)$$

де h_m – висота маси насіння в скребку; β – кут нахилу конвеєра до горизонту;

f_1 – коефіцієнт тертя насіння з дном жолоба; $B_{\text{ж}}$ – ширина жолоба, ρ – питомий опір; n_g – коефіцієнт тертя, $n_{\text{бм}}$ – коефіцієнт бокового тертя, що залежить від швидкості руху транспортера та внутрішнього тертя f зернівок між собою, який визначимо з виразу:

$$n_{\text{бм}} = \frac{1,2 + V}{1 + 2f^2} \quad (3)$$

При швидкості співударяння $V = 2 - 3,5$ м/с з металічною поверхнею жолоба зернівки зазнають травмування.

Аналітичні залежності, що визначають умови і ймовірність защемлення зернівок при зазорах між кромкою скребка та жолобом понад 8 мм, показують, що ймовірність дуже мала, а при більших зазорах знижується до нуля.

Дослідження показали, що оптимальна швидкість руху ланцюга зі скребками для мінімального травмування насіння перебуває в межах 1,0–1,5 м/с.

Можливість травмування насіння N_1 при транспортуванні скребокними транспортерами при взаємодії з його робочими елементами можна описати відношенням контактуючого шару M_k до кількості насіння, що захоплюється скребком.

Дані рисунка 2.54 показують, що кількість насіння, яка захоплюється скребком, має форму розташування у вигляді прямокутного трикутника.

Кількість насіння, що захоплюється скребком, становитиме

$$M_3 = 0,5L^2 \cdot A \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (4)$$

де A – ширина скребка, см; L – довжина рухомого шару, см; β – кут зсипання рухомого шару, град; $\beta = \alpha - \varphi$ – кути нахилу руху і природного зрізу, град.

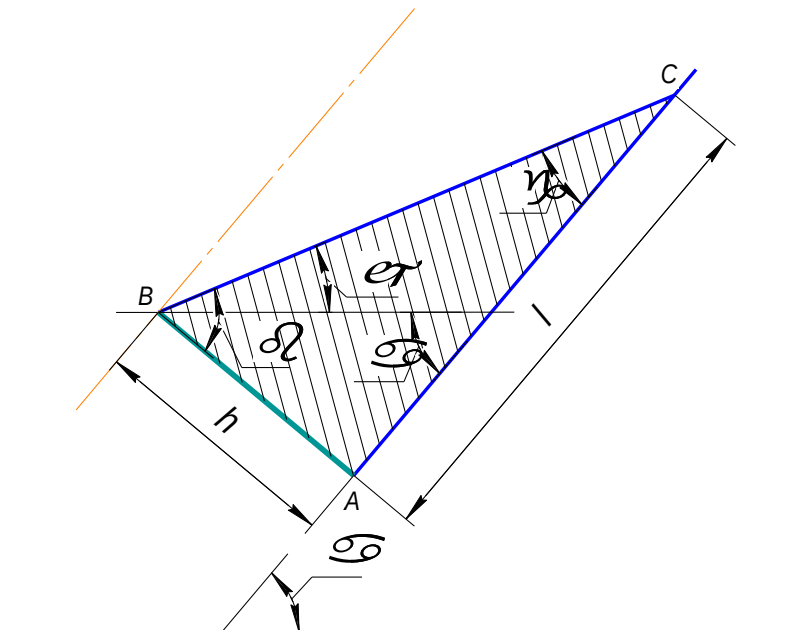


Рис. 2.54. Схема переміщення насіння скребком:

h – висота скребка; A – ширина скребка; α – кут нахилу транспортера;
 φ – кут природного зрізу; $V_{тр}$ – кількість насіння, що транспортується скребком.

Кількість захопленого насіння скребком можна також описати в зв'язку з секундним поступанням c :

$$M = \frac{c \cdot t_n}{\rho \cdot V_{псmp}} \quad , \quad (5)$$

де $V_{псmp}$ – можливість травмування насіння при певній швидкості його руху, м/с;

t_n – крок встановлення скребка, см; ρ – щільність шару насіння, кг/м².

Збалансувавши частини виразів, матимемо:

$$M = \frac{2 \cdot c \cdot t_n}{p \cdot V_{п.мр.} \cdot s \cdot \operatorname{tg} \beta} \quad , \quad (6)$$

Кількість шару насіння, що може травмуватися при переміщенні, визначимо добутком площі зіткнення на кількість насіння перпендикулярної поверхні тертя.

$$M_{к.т.н.} = 25_{ABC} \cdot e_3 + L \llcorner - 2e \overrightarrow{\alpha}_3 = \frac{2ct_n e_n}{\rho AM} + L \llcorner - 2\alpha_3 \overrightarrow{\alpha}_3, \quad (7)$$

де 25_{ABC} – кількість насіння, що переміщується перпендикулярно до поверхні тертя, e_3 – товщина зернівок, мм; α_3 – ширина зернівок, мм; $S_{пз}$ – площа зіткнення.

Можливість N_1 зіткнення і травмування насіння, що рухається, становитиме:

$$N_1 = \frac{2e_3}{A} + \frac{L(A - 2e_3)s_n \cdot \rho \cdot V_{p.m.p.}}{c \cdot t_n} \quad (8)$$

Аналізуючи наведені вирази, видно, що можливість зіткнення і травмування насіння залежить від параметрів скребкового транспортера та розмірів насіння.

Травмування зернівок при переміщеннях залежить від ймовірності контактування з поверхнями при терті. А звідси впливає припущення, що травмування зернівок скребковими транспортерами збільшується від його довжини і можливостей контактування непошкоджених зернівок із поверхнею тертя, яка визначається, як добуток ймовірності потрапляння насіння в контактуючий шар P_1 на можливість наявності непошкодженого насіння у початковому воросі P_2 :

$$P = P_1 \cdot P_2. \quad (9)$$

Значення P_1 можна вважати, як відношення обсягу контактуючого шару з поверхнею тертя шару M_k до обсягу зерна, яке переміщене скребком.

За іншим варіантом обсяг повної маси насіння, що переміщується скребком, розраховується через секундну подачу c , (5).

Швидкість руху транспортера при відомих значеннях подавання q і конструктивних параметрів скребка становитиме:

$$V_{tr} = \frac{q \cdot t_n}{0,5p \cdot h \cdot 2B \cdot \text{ctg}(\alpha - \varphi)} \quad (10)$$

Подача при відомих значеннях швидкості транспортера і його конструктивних параметрів буде становити:

$$C = \frac{0,5p V_{tr} \cdot h \cdot 2B \cdot \text{ctg}(\alpha - \varphi)}{t_n}, \quad (11)$$

розмір скребка:

$$h \cdot A = \frac{q \cdot t_n}{0,5p \cdot V_{mp} \cdot h \cdot \text{ctg}(\alpha - \varphi)}, \quad (12)$$

його висота:

$$h = \sqrt{\frac{q \cdot t_n}{0,5p \cdot B \cdot V_{mp} \cdot \text{ctg}(\alpha - \varphi)}}. \quad (13)$$

Обсяг шару насіння, що контактує з поверхнями, покажемо, як добуток площі контактування, перпендикулярної до поверхні тертя, на розміри зернівок:

$$M_k = 2F_{ABC} e_3 + h \text{ctg}(\alpha - \varphi) (B - 2b) a = h \text{ctg}(\alpha - \varphi) [he + (B - 2e) a], \quad (14)$$

де a_3 і e_3 – ширина і товщина зернівок.

У такому випадку ймовірність потрапляння насіння в шар, який контактує з поверхнею тертя, буде становити:

$$P_1 = \frac{M_{\kappa}}{M} = \frac{p \cdot h \cdot V_{mp} \cdot \operatorname{ctg}(\alpha - \varphi)}{q \cdot t_n} [h \cdot b + (B - 2b)\alpha], \quad (15)$$

де M_{κ} – обсяг насіння, що контактує з поверхнею.

З останньої формули видно, що P_1 зменшується при збільшенні подачі, кроку встановлення скребка, кута нахилу транспортера, зменшення його швидкості та висоти скребків.

Проте зі зростанням надходження насіння спостерігається зменшення його травмування до настання «зворотного висипання», коли воно піддається механічним впливам інших скребків (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Вплив подачі на травмування зернівок

Секундне подавання, кг/с	0,79	0,99	1,13	1,14
Травмування зерна, %	2,97	3,77	5,80	5,96

При транспортуванні пшениці скребковим транспортером довжиною 2,3 м з гумовими скребками розміром 60x115 мм, кроком скребка 165 мм і швидкістю транспортера 1,15 м/с травмування зернівок зростає зі збільшенням кількості проходжень (табл. 2.6) і відбувається приблизно за прямолінійною залежністю.

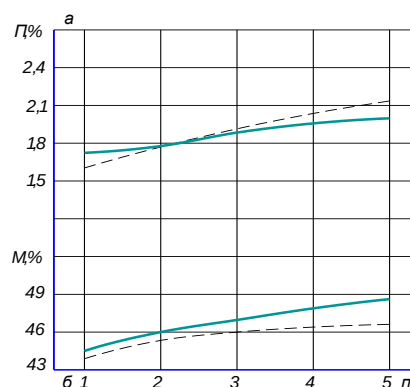


Рис. 2.55. Залежність травмування зернівок від кількості проходження транспортером насіннеочисної машини:

———— експериментальне; - - - - - теоретичне;
а – макротравмування; б – мікротравмування.

Таблиця 2.6

Вплив кількості проходжень на кількість травмованих зернівок

Проходження	Травмовані зернівки
1	28,0
2	29,5
3	31,5
4	33,5
5	36,5

Травмування зернівок залежить також і від технічного стану скребкових транспортерів, при зношенні яких і деформації травмується близько 2 % і більше зернової маси. У разі неправильного натягнення скребкового транспортера спостерігається підвищене подрібнення і розмелювання зернівок.

Необхідно слідкувати, щоб скребкові транспортери м'яко торкалися скребками днища елеватора, а сам скребок міг вільно відхилятися у різні сторони від нейтрального становища на кут до 30°.

Правильне натягнення ланцюга скребкового транспортера зменшує не тільки травмування насіння, але й зношення накладок скребків.

Якщо гумові накладки зношені та виступають менше ніж на 10 мм, то їх необхідно замінити, а якщо цього не робити, то після значного зношення накладок починають виступати загострені краї металевих частин скребка, які травмують зернівки під час переміщення. Якщо ланцюг ослаблений, то між зірчатами, елементами ланцюга та внутрішніми поверхнями лотка потрапляють зернівки, які подрібнюються, розмелюються і травмуються.

2.4.2. Травмування насіння при транспортуванні шнековими транспортерами

При обертанні гвинтової поверхні захоплюється насіння і за рахунок сил тяжіння та тертя з внутрішньою поверхнею кожуха та витками шнека відбувається його транспортування або завантаження, що викликає травмування зернівок.

В результаті контактування насіння з робочими елементами шнека та залежно від його довжини відбувається мікротравмування зернівок.

Можливо припустити, що ймовірність контактування та травмування зернівок з робочими поверхнями гвинтового шнека являє собою відношення контактуючого шару з корпусом до загальної кількості насіння, що переміщується між двома сусідніми витками:

$$N = \frac{M_{HK}}{M_{H3}}, \quad (1)$$

де M_{HK} – шар насіння, який контактує з корпусом, M_{H3} – загальна кількість насіння.

Кількість насіння, що перебуває в просторі контактування, буде становити кількість контактуючого насіння з внутрішньою поверхнею корпусу шнека M_1 , і з витками M_2 .

$$M_{HK} = M_1 + M_2 \quad (2)$$

Кількість насіння, що міститься між витками, буде

$$M_2 = s \cdot t \cdot C_0 \quad (3)$$

де S – площа поперечного перерізу, см^2 ; t_n – величина кроку, см ;

C_0 – коефіцієнт використання об'єму.

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

Для визначення коефіцієнту використання об'єму шнека використаємо площу поперечного перерізу, що є сегментом S (рис. 2.57).

$$C_0 = \frac{S_1}{S} = \frac{\frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi \alpha_1}{180} - \sin \alpha_1 \right)}{\pi R^2} = \frac{\alpha_1}{360} - \frac{\sin \alpha_1}{2\pi} \quad (4)$$

Площу контактування насіння з внутрішньою частиною корпусу S_{KK} можна визначити добутком довжини дуги l на величину кроку p_K (рис. 2.56).

Кількість насіння, що розміщується на одному кроці витків шнека, визначимо:

$$M_{HKH} = p \cdot t_{pn} = p \cdot \frac{n_K}{V_n}, \quad (5)$$

де p – продуктивність, кг/с ; t_{pn} – час руху насіння, с ; n_K – крок гвинта, см ;

V_n – швидкість руху насіння між витками м/с.

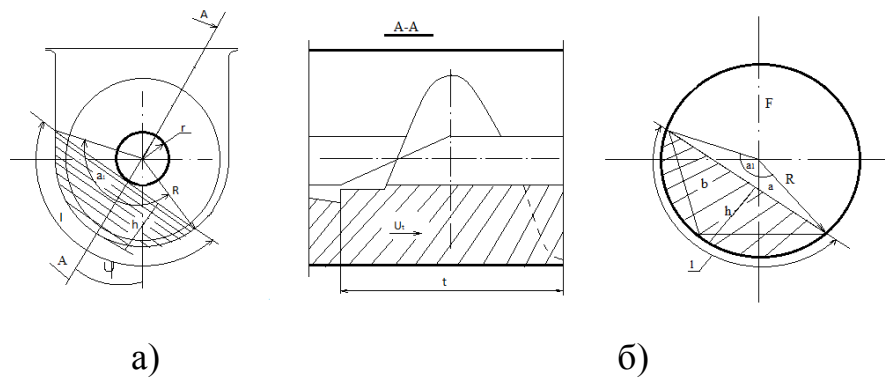


Рис. 2.56. Взаємодія зернівок з робочими елементами шнека

Швидкість руху визначаємо так:

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

де α – кут підняття на гвинтовій кромці, град; φ – кут обвалення насіння з гвинта при русі, град.; n – частота обертання шнека, хв.⁻¹.

Коефіцієнт C_0 дорівнює 0,5 – 0,7, кут $\varphi = 0,73^\circ$, кут зсипання, град.

З урахуванням V_n отримаємо насіння контактуючого шару.

$$M_{\text{нкл}} = \frac{p \cdot n \cdot 60 \cos \varphi}{t_{pn} \cdot n \cdot \cos \alpha \cos(\alpha + \varphi)} = \frac{60 p}{n(\cos^2 \alpha - k_m \cdot \cos \alpha \sin \alpha)}, \quad (7)$$

де k_m – коефіцієнт тертя зернівки з гвинтом, $\tan \varphi = k_m$.

Кількість насіння на одному кроці

$$M_{\text{кнт}} = M_{\text{нкл}} \cdot \rho = \frac{60 \cdot \rho \cdot p}{n(\cos^2 \alpha - K_m \cos \alpha \sin \alpha)}, \quad (8)$$

де n – частота обертання шнека, хв.⁻¹; ρ – щільність насіння, що транспортується, кг/м³.

Площу контактування насіння з внутрішньою частиною корпуса транспортера визначаємо наступним чином:

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

Кількість насіння, що контактує з корпусом на одному кроці гвинта, дорівнює:

$$M_{HKK} = \frac{\pi R t \alpha_1}{180} \cdot e_3, \quad (10)$$

де e_3 – товщина зернівок

Площа контактування насіння з одним витком шнека буде дорівнювати площі сегмента:

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

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

$$F_{KB2} = \frac{F_{KB}}{\sin \alpha} = \frac{\frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi \alpha_1}{180} - \sin \alpha_1 \right)}{\sin \alpha} \quad (12)$$

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

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

При візуальних спостереженнях приблизно половина зернівок при русі на поверхні контактування розміщується за шириною і товщиною, тому вірогідність контактування і травмування насіння при транспортуванні та навантаженні гвинтовими транспортерами становитиме:

$$\begin{aligned} N_1 = \frac{M_k}{M_{H3}} = \frac{M_1 + M_2}{M_{H3}} &= \frac{\frac{\pi R t \cdot e_n \alpha_1}{180} + \frac{R^2 s_n}{2} \left(\frac{\pi \alpha_1}{180} - \sin \alpha_1 \right)}{60 p \rho} = \\ &= \frac{\left[\frac{\pi R t \cdot e_n \alpha_1}{180} + \frac{R^2 s_n}{2 \sin \alpha} \left(\frac{\pi \alpha_1}{180} - \sin \alpha_1 \right) \right] \cdot n [\cos^2 \alpha - k \sin \alpha \cos \alpha]}{60 p \rho} \end{aligned} \quad (14)$$

Таким чином, зіткнення і травмування насіння при транспортуванні та завантаженні шнековими гвинтовими транспортерами залежить від конструкції та параметрів робочих елементів транспортера і фізико-механічних властивостей маси, що транспортується.

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

Дослідження показують, що найбільша кількість насіння травмується у шнеках, коли при величині щілини від 2 до 30 мм та сталій швидкості травмування зернівок збільшується, досягаючи максимальних значень при щілинах, за величиною наближених до товщини зернівки, а потім відбувається зменшення. Мінімальні пошкодження отримані при щілинах, не менших 20 мм, для ріпички, 15 мм – для соняшнику і 27–30 мм – для бобів арахісу.

Результати швидкісного знімання на плівку підтверджують теоретичні висновки про те, що при щілинах, менших за мінімальні розміри зернівок, затискання їх у процесі пересування по корпусу не спостерігається.

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

У шнеках закритого типу використання при щілинах 1,20 мм та частоті обертання до 400 об/хв травмування насіння ріпички не суттєве, а при збільшенні швидкості до 620 об/хв призводить до значного зростання пошкодження насіння, яке викликається затисненням його ще при поступленні, а також зростанням динамічного навантаження при завантаженні. Довжина вивантажувального вікна також має певний вплив на пошкодження насіння, тобто при його довжині 140 мм за одне проходження і швидкості 620 об/хв травмувалося близько 12 % ріпички, а при довжині вікна 190 мм при всіх інших однакових умовах травмувалося 0,36 %.

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

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

За кордоном при конструюванні та модернізації гвинтових конвеєрів з метою мінімізації травмування насіння використовують полімерні матеріали, які, поряд з цим, також сприяють збільшенню терміну їх використання та підвищують надійність їх роботи у 1,5–2 рази.

2.4.3. Травмування насіння при завантаженні стрічковими транспортерами

Існує вірогідність зіткнення і травмування насіння на стрічковому транспортері з рівною площиною, на якій відносний рух шару насіння при мінімальній швидкості руху стрічки відсутній (рис. 2.57).

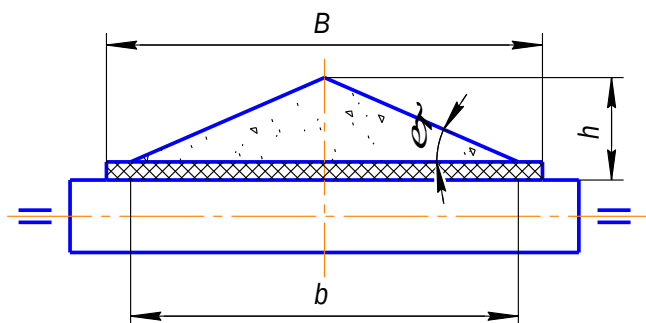


Рис. 2.57. Розміщення насіння на стрічковому транспортері.

В такому випадку фактичне зіткнення насіння зі смугою можна описати через секундну подачу, як відношення площі перерізу маси, що контактує з смугою, до загальної площі перерізу:

$$S_{к.ш} = \frac{c}{V_{р.тр} \cdot \rho} \quad (1)$$

де $S_{к.ш}$ – площа контактуючого шару насіння; c – секундна подача насіння, кг/с; $V_{р.тр}$ – швидкість руху насіння і транспортера, м/с; ρ – щільність шару насіння, кг/м³.

Площу перерізу контактуючого шару насіння на плоскій смузі можна визначити, як площу трикутника (рис. 2.57):

$$S_1 = 0,5e \cdot h = 0,25e^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

φ – кут природного зрізу шару насіння, град.

Прирівнявши вирази (1) і (2) та розв'язуючи отриманий вираз відносно величини зернівки e , отримаємо:

$$e = 2 \sqrt{\frac{c}{V_{p.mp.} \cdot \rho \cdot \operatorname{tg} \varphi}} \quad (3)$$

Площа перерізу контактуючого шару буде:

$$S_{p.ш.м.} = e \cdot s$$

Можливість зіткнення і травмування насіння зі смугою можна надати так:

$$N_{mp.} = \frac{S_{p.ш.м.}}{S_{п.ш.}} = \frac{e \cdot s \cdot V_{p.mp.} \cdot \rho}{c} \quad (4)$$

При транспортуванні насіння смугою, що розміщена на роliках (рис. 2.59), поперечний переріз шару насіння буде дорівнювати сумі площ трикутника S_1 та трапеції S_2 .

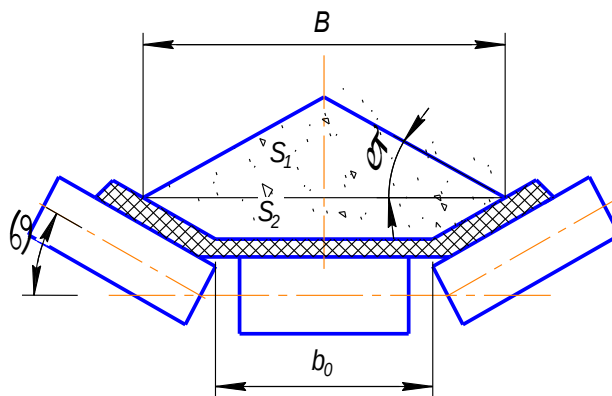


Рис. 2.58. Розміщення насіння на смузі, що на роliках.

$$\begin{aligned} S_{ш.н.} &= S_1 + S_2 = 0,25e^2 \operatorname{tg} \varphi + \frac{e + e_0}{2} \cdot \frac{e - e_0}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = \\ &= 0,25 \left[e^2 \operatorname{tg} \varphi + \frac{e^2 - e_0^2}{2} \operatorname{tg} \alpha \right] \end{aligned} \quad (5)$$

Порівнюючи вирази 1 і 5 та розраховуючи S , отримаємо:

$$e = 2 \sqrt{\frac{c + 0.25 \cdot V_{p.mp.} \cdot e_0^2 \operatorname{tg} \alpha}{V_{p.mp.} \cdot \rho \left[g \varphi + \operatorname{tg} \alpha \right]}} \quad (6)$$

Дані рис. 2.59. показують, що довжина шляху зіткнення дорівнюватиме:

$$L = e_0 + \frac{e - e_0}{\cos \alpha} \quad (7)$$

Тоді площа перерізу становитиме:

$$S_{p.um.} = s \left(e_0 + \frac{e - e_0}{\cos \alpha} \right). \quad (8)$$

Можливість зіткнення і травмування насіння при транспортуванні смугою на роliках становитиме:

$$N_1 = \frac{S_{p.um.}}{S_{pш.}} = \frac{L}{c} \cdot s \cdot V_{p.mp.} \cdot \rho \left(e_0 + \frac{e - e_0}{\cos \alpha} \right).$$

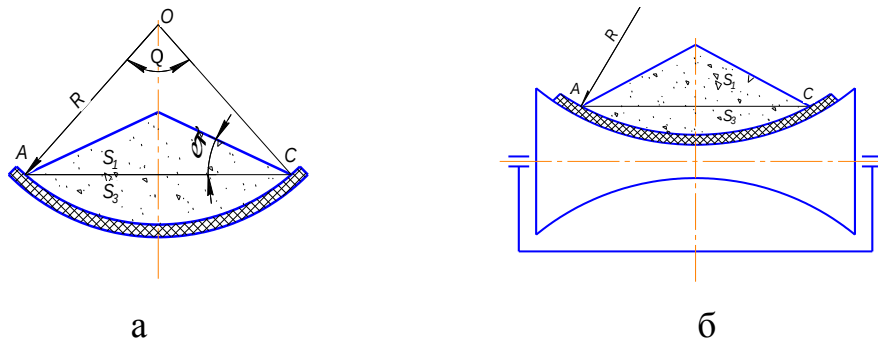


Рис. 2.59 а, б. Розміщення насіння на стрічці у вигляді жолоба та на зігнутих роliках

Якщо стрічка транспортера рухається у вигляді жолоба або на зігнутих роliках (рис. 2.59 а,б), то поперечний переріз шару насіння можна розрахувати, як суму площ трикутника S_1 сегмента сектора S_2 , площа якого S_3 дорівнює різниці площ сектора біля вершини q і трикутника AOC :

$$S_3 = R^2 \left(\frac{q}{2} - \sin \frac{q}{2} \cdot \cos \frac{q}{2} \right). \quad (9)$$

Враховуючи, що $\sin \frac{q}{2} = \sqrt{\frac{1}{2} (1 - \cos q)}$

матимемо:

$$S_3 = 0,5R^2 (1 - \sin q). \quad (10)$$

Площа трикутника дорівнюватиме:

$$S_1 = R^2 \sin^2 \frac{q}{2} \operatorname{tg} \varphi = 0,5 R^2 (-\cos q) \operatorname{tg} \varphi, \quad (11)$$

в цьому випадку

$$S_n = S_1 + S_3 = 0,5 R^2 [-\sin q + (-\cos q) \operatorname{tg} \varphi]. \quad (12)$$

Порівнюючи вирази (1) і (12), матимемо

$$\frac{c}{V_{p.mp.} \cdot \rho} = 0,5 R^2 [-\sin q + (-\cos q) \operatorname{tg} \varphi] \quad (13)$$

Продовжуючи розв'язок рівняння (13) числовим методом, знаходимо значення q і довжину дуги в зоні зіткнення зернівок зі стрічкою, тоді

$$l = R \cdot q.$$

Площа перерізу шару насіння, що контактує зі стрічкою, становитиме

$$S_{puit.} = s \cdot R \cdot q, \quad (14)$$

а можливість зіткнення і травмування зернівок на стрічці можна подати виразом:

$$N_1 = \frac{S_{puit.}}{S_{пу.}} = \frac{s \cdot R \cdot q \cdot V_{p.mp.} \cdot \rho}{c} \quad (15)$$

Травмування насіння стрічковим транспортером відбувається у приймальному лотку і на стрічці, по якій транспортується зернова маса, його значення залежить від швидкості руху стрічки (рис. 2.60).

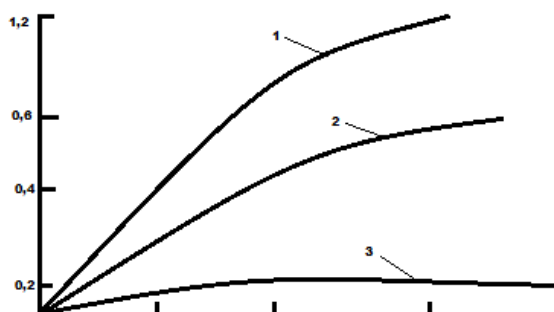


Рис. 2.60. Травмування насіння пшениці при різних швидкостях руху стрічки, м/с:

1 – лоток для насипання, транспортувальний візок, стрічка і викидна коробка;
2 – лоток для насипання, стрічка, викидна коробка; 3 – лоток для насипання, стрічка.

Так, при швидкості руху стрічки 0,9 м/с насіння пшениці, переміщуючись приймальним лотком, транспортувальною стрічкою і викидною коробкою, травмується на 0,18 %, при 1,5 м/с – на 0,3 %, при 2,1 м/с – на 0,42 %, а при швидкості 3,8 м/с – на 0,63 %. У приймальному лотку і на транспортувальній стрічці, яка рухається на роликах, відбувається незначне травмування насіння – в межах 0,15–0,20 % або 15–24 % від загального травмування його транспортером. Значно більше травмування зернівки отримують при вдареннях по стінках поверхонь викидної і розвантажувальної коробок, що становить 65–78 % від загального травмування стрічковим транспортером. При швидкості руху стрічки 3,8 м/с і при проходженні зернової маси через викидну коробку травмування її збільшується на 0,63 %, а при проходженні розвантажувального візка при тій же швидкості руху стрічки – на 1,75 %.

Експериментально доведено, що за швидкості руху скребкового і стрічкового транспортерів 2,0–2,5 м/с, секундному поступленні насіння 1,5–2 кг/с, щільності шару насіння 750 кг/м³, кутах природнього зрізу і зворотнього обсипання до 30–45°, мікротравмування насіння становитиме 1,5–2,5 %. У шнековому транспортері мікротравмування сягатиме 6–8 % і більше.

2.5. Дослідження впливу робочих органів зернової сівалки на розподілення, травмування і якість насіння при смуговій сівбі

Розглянемо характер руху зернівки по прямокутній розподільчій пластині, нахилений до поверхні відповідно до запатентованої конструкції, під кутом β при дії сили ваги (рис. 2.61).

Надамо систему диференціальних рівнянь руху зернівки а проекціях на осі координат x і y :

$$\begin{cases} mx = -F_0 \cos \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha \\ my = -F_0 \sin \alpha - F_{\text{тр}} \sin \alpha + mgsin\beta , \end{cases} \quad (1)$$

де m – маса зернівки, $F_{\text{тр}}$ – сила тертя, що дорівнює ϕN , де ϕ – коефіцієнт тертя,

N – нормальна реакція поверхні пластини, F_0 – сила опору повітря, що дорівнює kmv^2 , де k – коефіцієнт опору повітря при переміщенні по пластині, $1/m$, V – швидкість руху зернівки, α – поточне значення кута між вектором V швидкості зернівки та позитивним напрямом осі x .

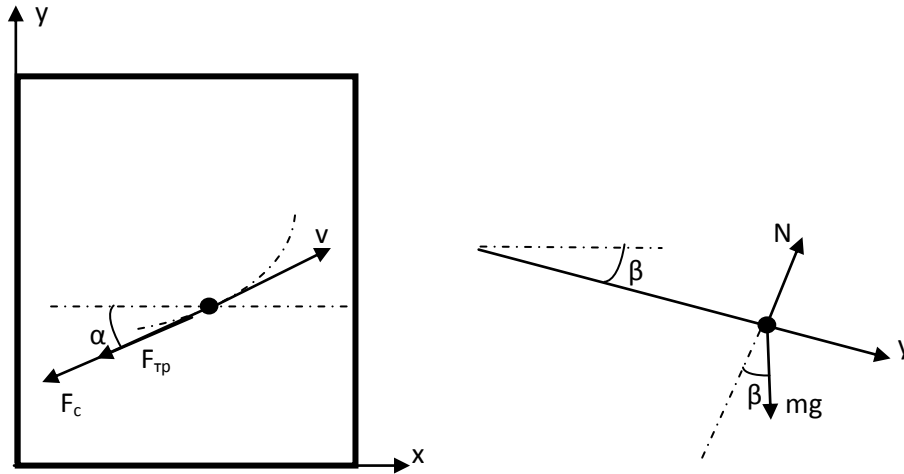


Рис. 2.61. До складання рівнянь руху по похилій площині.

Із рисунку 2.62 видно, що $N = mg \cos \beta$, що після скорочення на масу дає можливість записати систему рівнянь руху у вигляді:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -kv^2 \cos \alpha - g \cos \beta \cos \alpha, \\ \ddot{y} = -kv^2 \sin \alpha - g \cos \beta \sin \alpha + g \sin \beta \end{cases} \quad (2)$$

$$\quad (3)$$

Поточне значення $\sin \alpha$ і $\cos \alpha$ можна визначити через проекції швидкості на осі координат наступним чином (рис. 2.62).

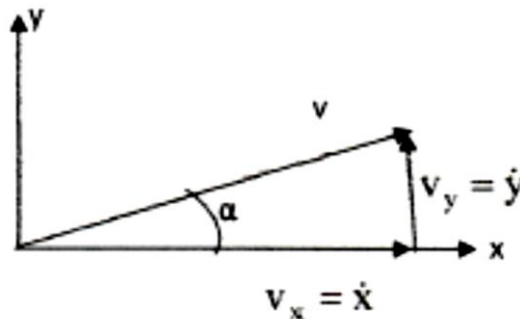


Рис. 2.62. Визначення $\sin \alpha$ і $\cos \alpha$

$$\cos \alpha = \frac{\dot{x}}{v} = \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}}, \quad (4)$$

$$\sin \alpha = \frac{\dot{y}}{v} = \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}}. \quad (5)$$

Підставивши останні вирази в систему (2) – (3), отримаємо:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -k\dot{x}v - \varphi \\ \ddot{y} = -k\dot{y}v - \varphi \end{cases} \quad (6)$$

Враховуючи, що $v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}$, отримаємо:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -k\dot{x}\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} - \varphi g \cos \beta \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}}, \\ \ddot{y} = -k\dot{y}\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} - \varphi g \cos \beta \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} + g \sin \beta. \end{cases} \quad (7)$$

Якщо додати у систему (2) початкові умови: $x(0)=x_0, y(0)=y_0,$

$$\dot{x}(0) = V_{x0}, \dot{y}(0) = V_{y0}$$

то отримаємо задачу Коші для системи квазілінійних звичайних диференціальних рівнянь другого порядку. Отримана задача не має аналітичного розв'язку, але може розв'язуватись за допомогою кінцево-різничних аналогів або за допомогою вмонтованих у різноманітних математичних пакетах (MathCAD, Maple і інші) процедур.

Як видно із подальшої постановки задачі, під час руху зернівки по розподільчій пластині вона може зустрічати різні перепони, внаслідок чого змінює напрямок переміщення. При використанні вмонтованих процедур розв'язування системи диференціальних рівнянь у математичних пакетах такі зміни викликають необхідність застосування умовних операторів переходів, що змінюють розв'язок у залежності від значення самих функцій, що дуже ускладнює побудову алгоритму розв'язку.

У зв'язку з цим вважається більш необхідним використовувати методи кінцево-різничних аналогів запропонованих раніше квазілінійних звичайних диференціальних рівнянь другого порядку.

Добре відомо, що перші та другі похідні від невідомих функцій $x(t)$ та $y(t)$ у певний період часу t можуть бути запропоновані у вигляді:

$$\dot{x}(t_i) = \frac{x(t_{i+1}) - x(t_i)}{h}, \quad (8)$$

$$\dot{y}(t_i) = \frac{y(t_{i+1}) - y(t_i)}{h} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \ddot{x}(t_i) &= \frac{\dot{x}(t_{i+1}) - \dot{x}(t_i)}{h} = \frac{x(t_{i+2}) - 2x(t_{i+1}) + x(t_i)}{h^2} \\ \ddot{y}(t_i) &= \frac{\dot{y}(t_{i+1}) - \dot{y}(t_i)}{h} = \frac{y(t_{i+2}) - 2y(t_{i+1}) + y(t_i)}{h^2} \end{aligned} \quad (10)$$

Тут h – деякий достатньо малий період часу.

Підставивши різні аналоги похідних у систему (2) та для більш компактної форми її вираження, використаємо визначення:

$$x(t_i) = (x_i), \quad y(t_i) = (y_i) \quad (11)$$

В такому разі надамо модуль швидкості $\overline{x^2 + y^2}$ в кінцево-різничній інтерпретації:

$$\overline{x^2 + y^2} = \overline{\frac{x_{i+1}}{h}^2 + \frac{y_{i+1}}{h}^2} = \frac{1}{h} \overline{(x_{i+1})^2 + (y_{i+1})^2} \quad (12)$$

Перше рівняння системи (2) отримає вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{x_{i+2} - 2x_{i+1} + x_i}{h^2} &= -k \frac{x_{i+1} - x_i}{h} \times \frac{1}{h} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} - \\ &\quad - f g \cos \beta \frac{\frac{x_{i+1} - x_i}{h}}{\frac{1}{h} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}} \end{aligned} \quad (13)$$

Після елементарних перетворень це рівняння матиме вигляд:

$$\begin{aligned} x_{i+2} &= 2x_{i+1} - x_i - k(x_{i+1} - x_i) \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} - \\ &\quad - h^2 f g \cos \beta \frac{x_{i+1} - x_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}} \end{aligned} \quad (14)$$

За допомогою аналогічних перетворень друге рівняння системи (2) матиме вигляд:

$$\begin{aligned} y_{i+2} &= 2y_{i+1} - y_i - k(y_{i+1} - y_i) \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} - \\ &\quad - h^2 f g \cos \beta \frac{y_{i+1} - y_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}} + h^2 g \sin \beta \end{aligned} \quad (15)$$

Початкові умови (4) подаються у вигляді рівняння:

$$x(0) = x_0, \quad y(0) = y_0, \quad \dot{x}(0) = \frac{x_1 - x_0}{h} = v_{x0}, \quad \dot{y}(0) = \frac{y_1 - y_0}{h} = v_{y0} \quad (16)$$

або у більш зручній для підрахунку формі:

$$x(0) = x_0, \quad y(0) = y_0, \quad x_1 = x_0 + h v_{x0}, \quad y_1 = y_0 + h v_{y0}. \quad (17)$$

Таким чином отримана система рекурентних алгебраїчних рівнянь (14) – (16), яка при відомих значеннях x_0, x_1, y_0 і y_1 допоможе поступово визначати координати зернівки на розподільчій пластині у кожний період часу.

Головна перевага даного методу в тому, що на кожному періоді руху можна визначати координати розташування зернівки і за потреби змінювати напрямок її переміщення.

Рішення цієї задачі реалізовано програмою «Розподільча пластина» (Додаток 5). Для неї шириною $a=0,075\text{м}$ і довжиною $b=0,175\text{м}$ із кроком по часу

$h=0,0001\text{с}$ побудована циклічна процедура, яка визначає траєкторію руху зернівки, що подано на рисунку 2.63.

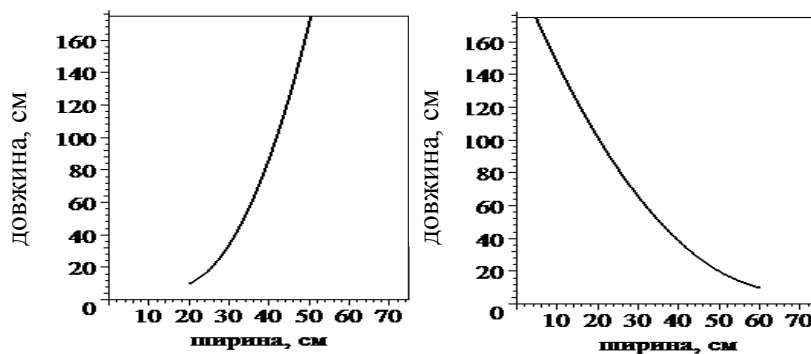


Рис. 2.63. Візуальне рішення задачі переміщення зернівки на пластині

При різноманітних ситуаціях внаслідок переміщення по пластині зернівки досягають її бокових меж, що вимагає моделювання процесів відвернення.

Для цього в алгоритм чисельної реалізації програми «Межа» (Додаток 6) вводиться умовний оператор, що контролює, чи не досягнула зернівка межі:

$$x_{i+2} \leq 0 \text{ або } x_{i+2} \geq a.$$

α – поточне значення кута між вектором швидкості та позитивним напрямком осі x .

В цьому випадку вираховуються абсолютні значення останніх кроків по x і по y :

$$Sh_x = |x_{i+2} - x_{i+1}|, \quad Sh_y = |y_{i+2} - y_{i+1}|$$

Потім значення x_{i+2} замінюємо на значення x_{i+1} , а y_{i+2} на y_{i+1} . Отримаємо нові значення $y_{i+2} = y_{i+1} + Sh_y$, а також $x_{i+2} = x_{i+1} + Sh_x$ на лівій межі пластини та $x_{i+2} = x_{i+1} - Sh_x$ на правій (рис. 2.64).

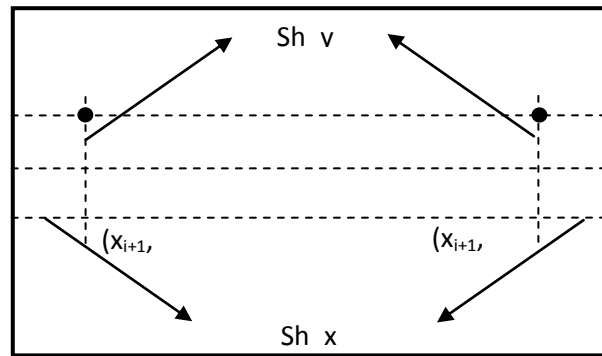


Рис. 2.64. Моделювання відвернення зернівки від меж розподільчої пластини.

На наступному рис. 2.65 наведені параметри траєкторії руху зернівки при повертанні від бокових меж розподільчої пластинки.

На черговому етапі додамо у розрахунковий алгоритм визначення траєкторії зернівки при зустрічі з перепорою, що має циліндричну форму у вигляді розміщених на пластині гумових штирів радіусом R із центром у точці з координатами (x_c, y_c) .

Для цього в алгоритм кількісної реалізації програмою «Перепона» (Додаток 7) вводиться умовний оператор, який контролює досягнення зернівкою межі направляючого гумового штиря, якщо:

$$(x_{i+2} + x_c)^2 + (y_{i+2} - y_c)^2 \leq R^2,$$

то траєкторія руху зернівок змінюється.

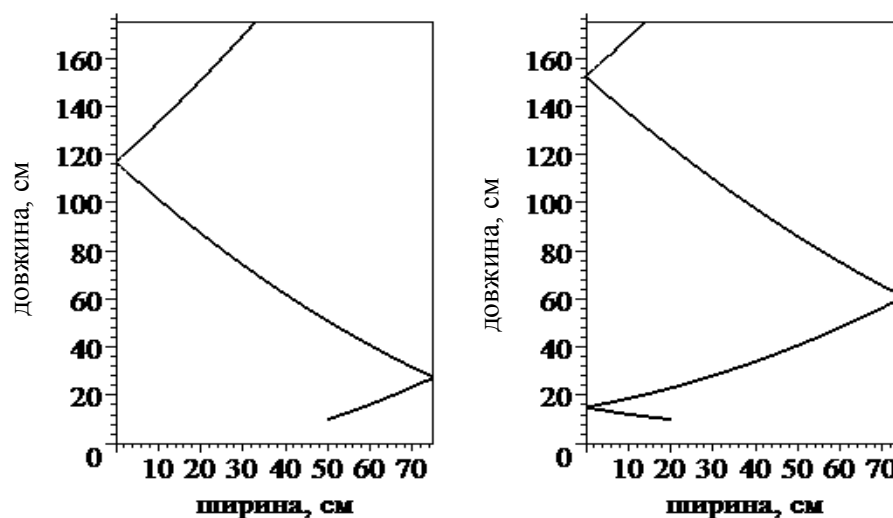


Рис. 2.65. Візуальне моделювання відвернення зернівки від меж розподільчої частини.

Тут виникають певні ускладнення при визначеннях подальшого пересування зернівок. У певних випадках можна було б застосувати звичайну процедуру відвернення зернівки від нерухокої перепони, але в зв'язку з еліпсоїдною її формою відбиття може проходити непередбачуваним чином. У зв'язку з цим прийнято рішення застосовувати ймовірнісний підхід і використовувати для кількісної реалізації набір випадкових чисел визначення напрямку початкового руху траєкторії після зустрічі зі штирями. Такий напрямок визначається кутом γ і випадковим чином вибирається між горизонтальною віссю та дотичною до поверхні штиря в місці зустрічі із зернівкою γ_0 (рис. 2.66), який визначається наступним чином:

$$\gamma_0 = \frac{\pi}{2} - \arctg \left| \frac{y_c - y_{i+2}}{x_c - x_{i+2}} \right|$$

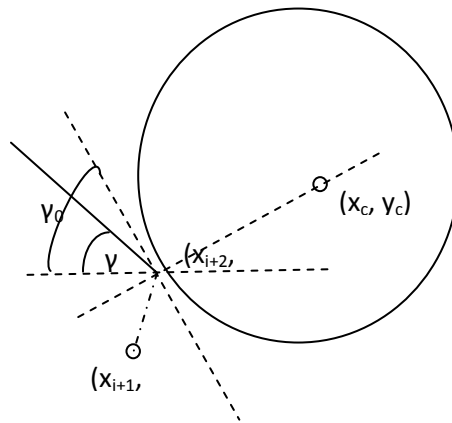


Рис. 2.66. Моделювання відвернення зернівки від штиря.

Потім значення x_{i+2} замінюємо на значення x_{i+1} , а y_{i+2} на y_{i+1} .

Нове значення y_{i+2} замінюємо на $y_{i+1} + sh \cdot \sin \gamma$, а значення x_{i+2} замінюємо $x_{i+1} - sh \cdot \cos \gamma$, якщо $x_{i+2} < x_c$ або на $x_{i+1} + sh \cdot \cos \gamma$, якщо $x_{i+2} > x_c$, де

$$sh = \sqrt{(x_{i+2} - x_{i+1})^2 + (y_{i+2} - y_{i+1})^2}$$

На рисунку 2.66 наведені приклади реалізації моделі відвернення (відбиття) зернівки від штиря.

Тепер розглянемо головну задачу моделювання, суть якої полягає у постійній програмі «Штирі» (Додаток 8). На розподільчу пластину із гумовим покриттям, що розміщується під певним кутом до поверхні ґрунту, потрапляють зернівки

насіннєвого матеріалу у деяку певну зону завантаження. На поверхні цієї пластини в шаховому порядку розміщуються штирі, з якими зустрічаються зернівки при русі по поверхні пластини і змінюють траєкторію свого переміщення. Необхідно написати модель характеру руху зернівки та траєкторію їх руху.

Чисельна реалізація алгоритму розв'язування цієї задачі впливає із аналітичного моделювання розміщення штирів як перепон для руху зернівок та покрокового контролю координат насіння, що рухається по розподільчій пластині. Циклічний ряд умовних операторів коректує зміну траєкторії руху зернівки у випадку прямої зустрічі її зі штирем, тобто із циліндричною перепорою, або із боковими межами пластини – розподільника, що було розглянуто раніше.

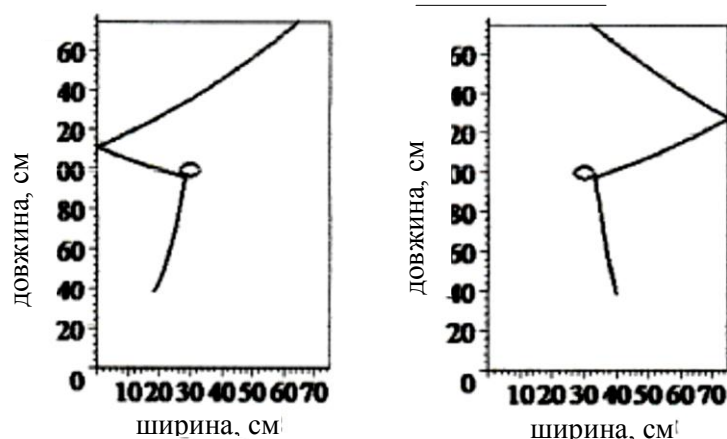


Рис. 2.67. Приклади відвернення зернівки від штиря.

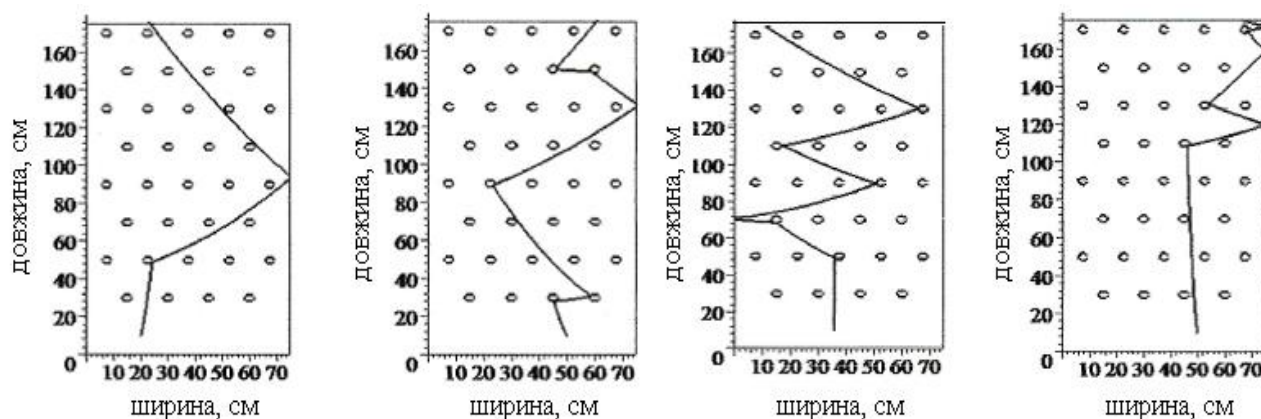


Рис. 2.68. Приклади візуалізації траєкторії руху зернівки.

Візуальні приклади алгоритму визначення траєкторії руху зернівки наведені на рисунку 2.68.

Заключним етапом моделювання є визначення оптимальної кількості рядів штирів на розподільчій пластині по її ширині та розміщення його на поверхні ґрунту.

Для цього необхідно визначити швидкість, при якій зернівка потрапляє на розподільчу пластину. Рівняння падіння зернівки з висоти H з урахуваннями сили опору повітря матиме вигляд:

$$m\ddot{x} = mg - mk\dot{x}^2 \quad (18)$$

або
$$\ddot{x} = g - k\dot{x}^2 \quad (19)$$

де k – коефіцієнт обертання – зависання або впливу вітру – вітрильності.

У цьому випадку вісь x направлена донизу. Проводячи інтегрування цього рівняння із урахуванням початкових умов $x(0) = 0, \quad \dot{x}(0) = 0,$

отримаємо, припускаючи, що $g=9.81$

$$x(t) = \frac{10 \operatorname{Ln}\left(0,5 e^{\frac{3\sqrt{109kt}}{5}}\right) - \left(\frac{3\sqrt{109kt}}{5}\right)}{10k} + 0,5. \quad (20)$$

Підставивши замість x значення висоти H , отримаємо розв'язок цього рівняння відносно часу пересування:

$$T = 0,32 \frac{\operatorname{Ln}\left(e^{Hk} + \sqrt{(e^{Hk})^2 - 1}\right)}{\sqrt{k}} \quad (21)$$

Якщо провести диференціювання закону руху $x(t)$ за часом і підставити у цю похідну значення T , то визначимо швидкість падіння зернівки на розподільчу пластину

$$V = \frac{3,12}{k} \left(-\sqrt{k} + \frac{\sqrt{ke^{6,24\sqrt{k}T}}}{0,5e^{6,24\sqrt{k}T} + 0,5} \right). \quad (22)$$

Якщо $H=0,7\text{м}$, $k=0,2$, то із отриманих рівнянь знаходимо, що швидкість, з якою зернівка потрапляє на розподільчу пластину, дорівнює $3,5\text{ м/с}$.

Алгоритм розв'язування цієї задачі полягає в тому (програма «Розподілення»), що визначається знаходженням зони завантаження, яке потім ділиться на частини прямокутною сіткою, із вузлів якої відбувається початковий рух зернівки, відбуваються циклічні варіації початкового кута траєкторії руху (Додаток 9).

Потім формується блок вічок за шириною пластини з метою обліку кількості зернівок, що можуть сходити в різних місцях пластини. Такий підхід забезпечує визначення у відсотковому відношенні рівномірності сходження зернівок із пластини-розподільника по її ширині та їх розміщення на підшві ґрунту.

Схема алгоритму кількісної реалізації визначення рівномірності сходження зернівок із пластини-розподільника по її ширині наведена на рисунку 2.69.

Чисельні комп'ютерні експерименти показали, що для досягнення оптимальної рівномірності розподілу насіння по розподільчій пластині запропонованого сошника зернової сівалки нової конструкції достатньо розмістити на ній дев'ять рядів штирів, які необхідно обробити гумовим покриттям разом із поверхнею пластини для зниження травмування насіння та покращення його якісних показників.

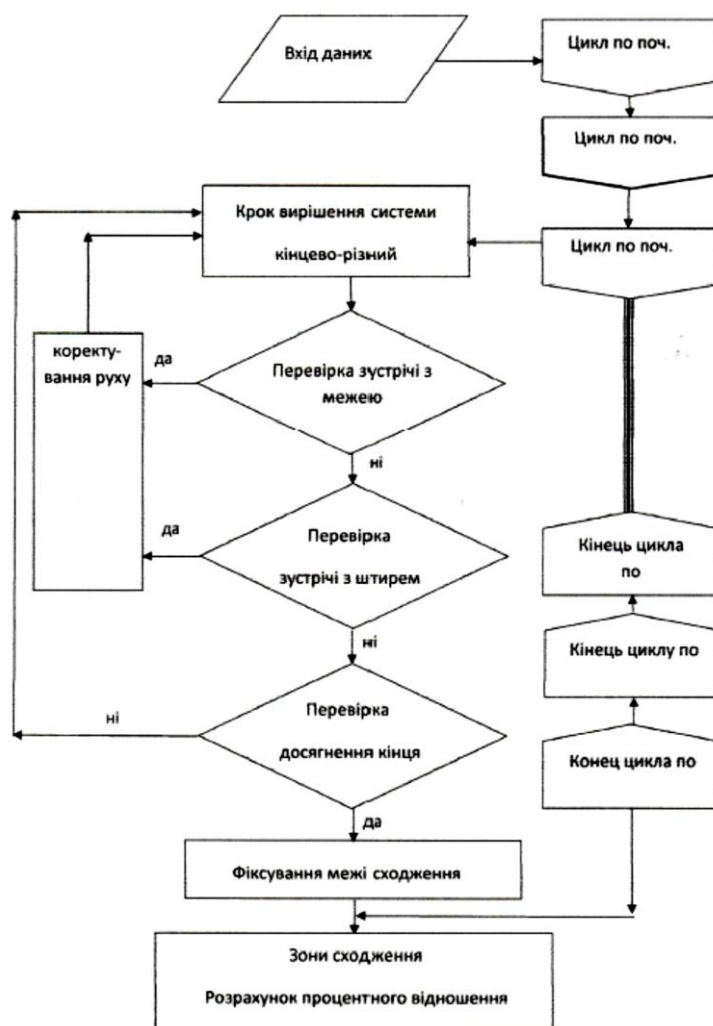


Рис. 2.69. Алгоритм програми розподілення.

Результати визначень наведені на рисунку 2.70.

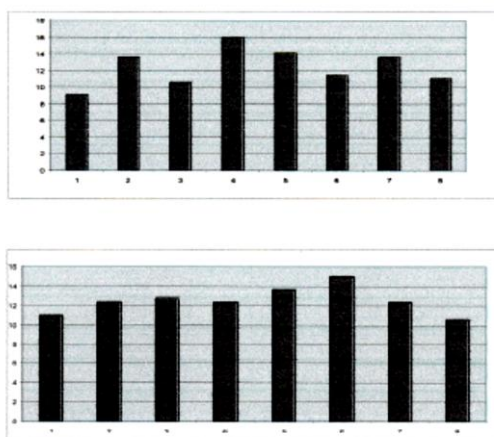


Рис. 2.70. Відсоткові значення розподілу зернівок при сходженні із розподільчої пластини по її ширині на підшву ґрунту під час сівби.

Експериментально встановлено, що під час руху насіння масою 0,04–0,05 г на розподільчу пластину із штирями з гумовим покриттям, з висоти 0,7 м, коефіцієнтах опору і тертя 0,2–0,3, силі ударення менше 5 Н, прискоренні $0,025 \text{ м/с}^2$, куті нахилу робочого органу до поверхні ґрунту до $30\text{--}45^\circ$, і наближеному значенні $e \approx 2,718$, фактична швидкість руху насіння становитиме 3–3,5 м/с, мікротравмування зернівок наблизатиметься до мінімального 2,5–2,9 %, а їх розподілення на поверхні підшви ґрунту після сівби у вигляді смуги, а не в рядку сягатиме 94–95 % і навіть більше, що створить сприятливі умови під час сходження, зростання і розвитку рослин у період вегетації, забезпечить раціональне використання води, поживи, сонячної енергії та формування високого і якісного урожаю.

Висновки до розділу

Вперше розроблені математичні моделі дослідження впливу механічних навантажень на травмування і якість насіння дозволили:

– отримати результати досліджень впливу робочих органів зернозбиральних молотильних агрегатів та пневмосепарувального пристосування вібросепаратора на травмування і якість насіння. Показано перевагу імпульсного ударення насіння при барабанному обмолочуванні перед роторним. Графічними залежностями відсоткового мікротравмування зернівок показано,

що при частоті обертання ротора та барабана 600 об/хв., воно становить відповідно 21,4 та 26,4 %;

- під час проходження технологічного процесу пневмосепарувальним пристосуванням вібросепаратора при контактуванні, ударянні, співударянні, відстані та швидкості руху насіння, після кожної *i-тої* операції, відбувається його травмування, і особливо мікротравмування, що підтверджено експериментальними дослідженнями;

- показано, що значна кількість зернової маси в основній фракції, в яку входить насіння, з кращими показниками та меншим травмуванням зернівок досягається при застосуванні сортувальних решіт з діаметром отворів 2,6 мм і швидкістю руху повітря у пневмосепарувальному каналі 7,5–8,0 м/с у порівнянні із використанням сортувальних решіт з меншим діаметром отворів 2,4 мм, але більшою швидкістю руху повітря в межах 9–10 м/с;

- доведено, що при використанні сортувальних решіт з діаметром отворів 2,6 мм, швидкістю руху повітря у пневмосепарувальному каналі 5,0 м/с і продуктивністю агрегату 50–100 тонн/ год, виділення зерна основної фракції кращої якості та меншого тавмування, ніж при застосуванні решіт з діаметром отворів 2,4 мм, такій же швидкості руху повітря та продуктивності 10–20 тонн/год;

- встановлено, що при падінні зернівок масою 0,04–0,05 г з її поперечним радіусом 3–4 мм на сферичну поверхню розподільника очисної машини радіусом 600 мм, який обертається з кутовою швидкістю до 6 рад·с⁻¹ мінімально впливає на деформацію і мікротравмування зернівки, яке становить відповідно 0,021 та 0,025 мм;

- показано, що шлях руху зернівок за напрямками осей неінерційної системи, відповідно становить 1700, 1500 та 235 мм, при цьому величина швидкості руху буде 8050, 7700 та 1150 мм·с⁻¹. Тобто найбільші значення деформації та мікротравмування зернівок спостерігаються за напрямком осі $O_1\xi$ де відбувається контактування зернівки із сферичною поверхнею розподільника у поточний момент часу t ;

- встановлено, що із збільшення частоти обертання диска розподільника пневмосепарувального пристрою вібросепаратора $n_p=110$ хв⁻¹, 160 хв⁻¹, 210 хв⁻¹, кутів нахилу секторів лопаток $\alpha=30^\circ-45^\circ-60^\circ$, довжини лопаток 270 мм сприяють

зростанню швидкості руху зернового вороху по диску із 3,3 м/с до 7,8 м/с, що впливає на зростання травмування насіння та зниження його якості.

Тому при частоті обертів до 110 хв^{-1} , коефіцієнті тертя 0,2, куті нахилу робочої поверхні $\alpha=30^\circ$ і довжині лопаток 135 мм досягається мінімального мікротравмування насіння та покращення його якості;

- показано, що при протруюванні на травмування насіння впливають процеси зворотнього обсіпання, сили співударяння з робочими поверхнями камери протруювача, висота падіння зернівок та часу їх знаходження в камері протруювання. Травмування відбувається через 2–3 хв від початку технологічного процесу і в значній мірі залежить від кута нахилу витків шнека, який повинен бути в діапазоні $5\text{--}15^\circ$ та коефіцієнта тертя – 0,2;

- встановлено, що під час руху скребкового і стрічкового транспортерів з швидкістю 1,0–1,5 м/с, кількість травмованого насіння зменшується до мінімального значення і становить 1,5–2,0 %.

При переміщенні шнековим транспортером насіння травмується в межах 5,8–6,2 % і навіть більше;

- математична модель та експериментальні дослідження руху, розподілення і травмування насіння при сівбі свідчать, що реалізація рішень програмами «Розподільча пластина», «Межа», «Перепона», «Штирі» та «Розподілення» дозволяє визначати координати, контролювати рух та змінювати при потребі напрям переміщення насіння по покритій гумою розподільчій пластині і зустрічі із штирями, що розміщені в шаховому порядку, у 5 рядах по 5 штирів, у 4 рядах по 4 штирі, з відстанню між рядами 18 мм, а в ряду 15 мм. Всього на пластині-розподільнику розміщується 41 штир, діаметром 3 мм, довжиною 10–15 мм.

Така запатентована конструкція дискового сошника сприяє зниженню травмування насіння, рівномірного його розподілення на поверхні підшви ґрунту після сівби, в межах 94–96 %, у вигляді смуги, а не в рядку, покращенню польової схожості, кращому росту і розвитку рослин в період вегетації, максимальному використанню вологи, поживи, сонячної енергії, що забезпечить формування високого і якісного врожаю.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРАВМУВАННЯ, ДЕФОРМАЦІЇ, ПОШКОДЖЕННЯ І ЯКОСТІ НАСІННЯ. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ПРИЛАДИ.

3.1. Загальні методи визначення травм та їх класифікація

Вивчення та розуміння причин і факторів, що впливають на механічні пошкодження зернівок різними технічними засобами та технологічними лініями у процесі виробництва, має надзвичайно важливе теоретичне і практичне значення, адже в цьому випадку є можливість впливати на травмування, тобто конструювати машини, які мінімально травмуватимуть зернівки, а працівникам сільського господарства рекомендувати використовувати максимально правильні комплектування і технологічні регулювання відповідних технічних засобів.

Механічні пошкодження зернівок при проходженні різних процесів пов'язані з фізико-механічними властивостями зернового вороху, вологістю насіння і соломи, хімічним складом, будовою та формою і зв'язком зернівок із колосовим стержнем, тертям між собою та поверхнями, довжиною, товщиною, шириною, міцністю зернівок і стебла, забрудненістю, забур'яненістю, режимами роботи технічних засобів та робочих елементів технологічних ліній, зокрема молотильного апарата, сепарувального пристрою, завантаження, секундним подаванням хлібної маси, швидкістю обертання барабана, регулюванням зазорів обмолочування, очищенням, подаванням, режимом роботи норій, шнеків, будь-яких транспортних засобів, конструктивними особливостями технічних засобів, робочих елементів технологічних виробничих процесів та можливостями їх регулювання.

Вплив цих чинників залежить від агротехнічних, природних, ґрунтово-кліматичних, селекційних та професійних можливостей створення таких умов, які забезпечують зниження травмування зернівок та їх втрат при застосуванні технічних засобів.

Важливе значення має фаховий рівень спеціалістів та операторів, тобто інженерів, агрономів, механізаторів для безпосереднього виконання цих робіт.

Визначальне значення має рівень досвіду і кваліфікації конструкторів, які, з урахуванням обґрунтованих параметрів усіх елементів робочих органів та всього комплексу природних і механіко-технологічних особливостей обмолочуваного зерново-солом'яного матеріалу, створюють умови зниження травмування та втрат.

При визначенні травмування насіння зернових культур, у першу чергу, виділяють зернівки, які, згідно з державним стандартом, відокремлюються у відходи. Це у значній більшості подрібнені, стиснуті, розчавлені зернівки із втраченою значною частиною маси (більше половини), незалежно від наявності або відсутності зародку.

При розчавлюванні, розколюванні, зрізанні або стисненні зернівки відбуваються глибокі біологічно-фізіологічні зміни, внаслідок яких повністю або частково втрачається її життєдіяльність і якщо навіть відбувається проростання, то у польових умовах виникає загибель.

Пошкодження зернівок у таких випадках поділяють на макротравми та мікротравми, але принципових ознак розподілу не існує. Прийнято вважати, якщо пошкодження пов'язане із відокремленням певної частини органічної речовини зернівки, то воно називається макротравмою, а якщо травмується тканина, яка не відокремлюється від загальної маси, то це мікротравмування, на яке зверталось зовсім мало уваги, з точки зору проведення наукових та експериментальних досліджень.

До мікротравм відносять дев'ять типів пошкодження, серед яких особливо важливе місце займають травмування, що викликані життєдіяльністю мікроорганізмів, які можуть частково або повністю знищувати живий організм:

1. У зв'язку з утворенням тріщин, пошкодження насіння мікроорганізмами призводять до відмирання тканини, яка дуже схожа на загальну тканину. Це пов'язано з інтоксикацією внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів, що спричиняє загибель рослини.

2. Пошкодження насіння ентошкідниками, які висмоктують розчини, а залишають шкідливі виділення, які разом із механічними травмами змінюють фізіологічні процеси і призводять до часткового або повного знищення зародку. В окремі роки в Україні понад 50 % насіння озимої пшениці пошкоджуються шкідливою черепашкою та іншими видами клопів.

3. В окремих випадках має місце пошкодження, викликане відокремленням зернівки від материнської рослини, а на цьому місці не встигає утворитися пробковий шар.

Інші типи пошкоджень відносять до механічних травмувань у результаті механічних впливів, перепадів температури тощо.

4. Поодинокі або численні пошкодження зародка, глибина яких може бути різноманітною, від чого залежить якість зерна. У таких випадках лабораторна схожість особливо не відрізняється, а польова схожість завжди значно знижується.

5. Мікропошкодження ендосперму є початком негативного впливу на розвиток зернівки і у подальшому її проростання.

6. Мікропошкодження зародка і ендосперму призводять до різного ступення ураження, що викликає зміну лабораторної, а особливо польової схожості.

7. Мікропошкодження оболонки зародка і ендосперму також викликають різної сили ураження.

8. Внутрішні тріщини, викликані розривом тканини внаслідок температурних впливів, хоча і не достатньо вивчені, проте можна припустити, що вони мають певний фізіологічний вплив у перші періоди росту і розвитку рослин.

9. Різного роду пошкодження тканини від ударяння за підвищеної вологості, внаслідок чого оболонка, яка дуже еластична, і тому не руйнується, деформується і внутрішня тканина стискається та змінюється її функціональна робота, що пізніше негативно впливає на якісні показники.

Дослідивши типи травм, пропонуємо загальну класифікацію типів пошкодження, яка з невеликими змінами може застосовуватися для всіх

польових культур (рис. 3.1). Вона побудована за типом дихотомічного ключа, який використовується у визначниках.



Рис. 3.1. Класифікація типів травм насіння.

Досвід застосування даної класифікації в Українському науково-дослідному інституті рослинництва, селекції та генетики ім. В. Я. Юр'єва показав її придатність для різних культур та зручність у роботі.

Дослідники застосовують різні методи визначення травмування, серед яких існує дві групи: методи прямого визначення травмування насіння та побічного, що корелюють за цим признаком з наявними пошкодженнями, які менш точні.

Найбільш зручним, швидким і точним є метод зафарбовування аніліновими і гістологічними барвниками зовнішніх тканин зернівки, а також тканин, що розміщені під оболонкою; цей метод ґрунтується на особливостях зафарбовування цих тканин, причому, пошкоджена тканина зафарбовується

значно інтенсивніше на всій поверхні насіння. Даний метод придатний для визначення травм насіння пшениці, жита, зернобобових, кукурудзи.

Найпоширенішим, практичним і найбільш точним наразі для визначення травмування насіння є метод спостереження зернівок під лупою десятикратного збільшення після забарвлення аніліновими барвниками; цей метод відпрацьований та рекомендований лабораторією насінництва Українського науково-дослідного інституту рослинництва, селекції та генетики ім. В. Я. Юр'єва, згідно з конкретною методикою якого нами проводилися аналізи травмування. Тобто із кожної партії насіння відбирали у відповідності з державними стандартами середній зразок, із якого відбирали три наважки для визначення якісних показників, а також по 100 зернівок для аналізу визначення травмування.

Три зразки насіння по 100 зернівок кожний розміщували в окремі скляні стакани і заливали 0,5 %-ним розчином індіго-карміну. Після обережного помішування і витримки протягом 4 хвилин розчин зливали в окремий посуд, а оброблене насіння добре промивали, після чого розміщували на фільтрувальний папір для підсихання. Через певний час кожну зернівку окремо розглядали під лупою десятикратного збільшення і розміщували на окремі купки або в коробочки за такими типами пошкоджень і мікротравм: вибитий зародок, пошкоджений зародок, травмування оболонки зародка, оболонки ендосперму та оболонки зародка і ендосперму.

Для більш об'єктивної та збалансованої оцінки впливу травмування зернівок та пошкоджень мікроорганізмами на їхні якісні показники використано узагальнений показник мікротравм, коли всі види травм приведені до одного показника – пошкодження зародка.

У зв'язку з тим, що кожен вид травм (вибитий зародок, пошкоджений зародок, травмування оболонки зародка, оболонки ендосперму і оболонки зародка та ендосперму) по-різному здійснюють негативний вплив на лабораторну, в результаті – і на польову схожість насіння та інші показники якості, було розраховано за коефіцієнтами та формулами один узагальнений показник мікротравм.

Дослідження проведених аналізів травмування зернівок згідно з використовуваною методикою показують, що розбіжності між двома зразками не перевищують 5 %, а якщо різниця значна, то проводиться третій аналіз окремого зразка і робиться висновок за найближчими значеннями.

Визначальними чинниками величини та характеру травмування зернівок є фізико-механічні властивості рослин і насіння, а також особливості конструкцій технічних засобів та робочих елементів технологічних ліній. А тому тільки глибоке вивчення і знання взаємодії цих чинників дозволить формувати оптимальні конструктивні параметри машин і механізмів, а також одночасно вирішувати завдання зниження травмування, а разом з цим – негативний вплив мікроорганізмів і погіршення схожості насіння та інших показників якості насіння, що у подальшому вплине на урожайність.

Величина травм впливає на біологічно-фізіологічні процеси, що протікають у самій зернівці між ендоспермом та зародком.

На різних стадіях технологічних процесів мікротравм отримується значно більше, ніж макротравм. У більшості випадків подрібнення жита проходить значно більше, ніж пшениці, і відбувається воно поперек, а у пшениці – по довжині. У залежності від років, що характеризуються, насамперед різними погодно-кліматичними умовами, подрібнення зернівок пшениці коливається в межах 3–4 %, а жита – 7–8 %, а також існує значна різниця між характером таких пошкоджень.

Більша кількість вибитих зародків спостерігається у жита, що пояснюється його значним видовженням і виступом із зернівки, а у пшениці він розташований майже нарівні із насінною.

Типи травмувань мають несуттєву різницю в залежності від крупності зернівок, а тому кожна фракція може мати різні величини пошкоджень, але все-таки у насіння фракції понад 2 мм спостерігається максимальна кількість травмування. В залежності від років, ця різниця носить більш виражений характер, а в окремих навпаки – зовсім не помітна, а інколи і протилежна – пошкоджується дрібне насіння.

Необхідно брати до уваги і такий факт, що пшениця відноситься до важковимолочуваних культур, а жито – легковимолочуваних, а відомо, що дрібне насіння міститься у верхній частині колоса і має міцніший зв'язок з ним, а тому обмолочується на виході з підбарабання, де найменший зазор, тому потрапляє у більш жорсткий режим роботи молотильного апарата і може інтенсивніше травмуватися.

Більш крупні зернівки розміщуються посередині колоса, мають слабший зв'язок з ним, а тому легше обмолочуються на вході в молотильний апарат і менше травмуються.

Дослідження показують, що під подрібнення підпадають різні зернівки за величиною, але трапляється більше випадків подрібнення крупнішого зерна.

3.2. Загальна методика визначення деформації зернівок

Деформацію (руйнування) зернівок досліджували на виготовлених приладах які показано на рисунках 3.3. – 3.4.

При дослідженні зернівки розміщували на основному майданчику, який з'єднаний із тензометричним кільцем для замірювання сили руйнування. Під дією сили тяжіння зверху на зернівку зміщується телескопічний пересувний майданчик з тензометричним коромислом для замірювання деформації руйнування. Мікрометричний гвинт закручували до дотику з майданчиком, а момент дотику визначали початком переміщення світлової цяточки на дзеркалі осцилографа (рис. 3.3.).

При ввімкненні двигуна пересувний майданчик впирається у виступ рами, після чого зернівка стискається. Зусилля, що діють на тензометричне кільце і коромисло, за допомогою тензодатчиків перетворюється в електричні сигнали, що підсилюються та передаються на осцилограф, де вони перетворюються у світлові сигнали та записуються на світлочутливому папері.

Тарування датчиків для замірювання зусилля руйнування здійснювали шляхом завантаження силового елемента гилями 4-го класу точності до 160 Н через кожні 40 Н.

Тарування датчика для замірювання деформації здійснювали деформуванням замірювального елемента мікрометром з ціною поділок 0,01 мм до 0,8 мм через кожні 0,2 мм.

Після цього побудували графік деформації (рис. 3.2).

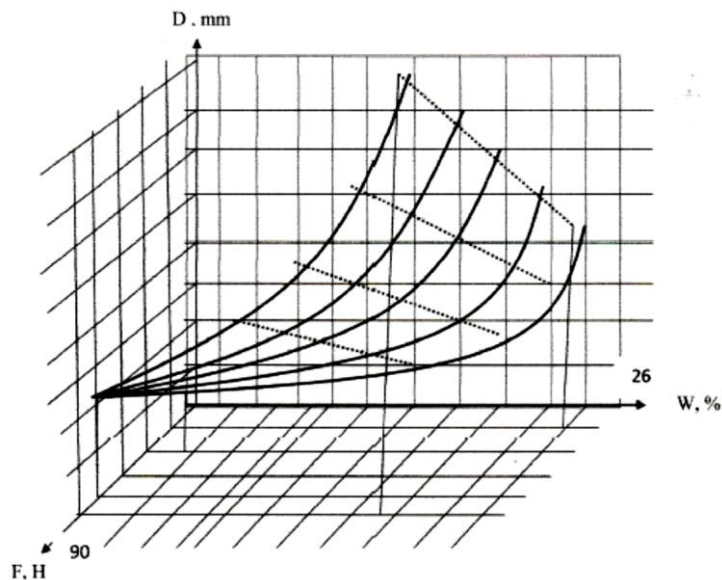


Рис. 3.2. Графік деформації зернівок.

3.3. Загальна методика визначення пошкодження насіння мікроорганізмами

Пошкодження насіння мікроорганізмами при різних технологічних процесах на всіх стадіях його оброблення та підготовки проводилося на основі ДСТУ 4138-2002 у лабораторіях державних насіннєвих станцій, що засвідчено відповідними актами.

Згідно з даним стандартом, передбачено визначення зараженості хворобами твердої і стеблової сажки пшениці та жита, гельмінтоспоріозом, фузаріозом, септоріозом, альтернаріозом та іншими грибовими і бактеріальними хворобами на основі застосування макроскопічного та біологічного методу визначення зараженості насіння збудниками хвороб.

За будь-якого травмування, а особливо за суттєвих значень, розвиток мікроорганізмів проходить особливо швидко і бурхливо, що значно знижує якість насіння, особливо його лабораторну та польову схожість.

Використовують макроскопічний метод одночасно з визначенням чистоти насіння шляхом візуального визначення наявності сажкових утворень у відсоткову відношенні та штуках на 1 кг насіння.

Метод обмивання насіння і центрифугування суспензій спор полягає у виділенні з середньої проби чотирьох робочих проб по 100 насінин у кожній, які поміщають у пробірки, заливають 10 см³ води і збовтують протягом 5 хвилин.

Одержані суспензії обстежують під мікроскопом, щоб розпізнати патогени.

3.4. Загальна методика визначення якості насіння та узагальненого показника травмування на всіх стадіях технологічних процесів

Експериментальні, виробничі та лабораторні дослідження проводили у виробничих умовах та державних лабораторіях, лабораторіях насінневих станцій і хлібозаготівельних організацій з використанням натурних зразків, технічних засобів, приладів та знарядь згідно з державними стандартними методиками.

Враховувалися також відомі методи планування і оброблення дослідних даних авторів О. П. Тарасенка, Ф. С. Завалішина, І. Г. Мацієва, Г. В. Водоп'яніна [163, 363].

Для отримання більш об'єктивних даних травмування і деформації зернівок та їх якості при збиранні, підготовленні насіння, транспортуванні, завантаженні, протруюванні та сівбі відбирання і дослідження зразків зернових культур при всіх цих процесах проводили протягом п'яти років (2009–2013 рр.) у шести господарствах Черкаської, Вінницької та Житомирської областей України.

Зразки насіння озимої пшениці та жита сортів Миронівська 65, Одеська 237, Актер, Перлина Лісостепу, Верхняцьке 32, Клич відбиралися у відповідності з ГОСТ12036-85 [«Правила приема и методы отбора проб»] при проходженні технологічних процесів:

- 1) перед збиранням; 2) на зрізі жаткою;
- 3) після проходження через молотильний апарат комбайна;

- 4) після решітного стану комбайна; 5) після завантаження в бункер комбайна;
- 6) після розвантаження з бункера в транспортний засіб;
- 7) після розвантаження на тік;
- 8) після завантаження в насіннеочисну машину; 9) після очищення;
- 10) перед потраплянням у транспортні та завантажувальні засоби;
- 11) після транспортувальних і завантажувальних засобів;
- 12) перед протруюванням; 13) після протруювання;
- 14) перед завантаженням у сівалку; 15) після висіву у ґрунт.

На зразках розміщували етикетки із зазначенням дати, номера, повторності, місця відбирання та вологості, визначеної на місці вологомірами «AQUA-15ETALON» та «WILE-55» згідно з ГОСТ-12041-82 [34], «Семена сельскохозяйственных культур и методы определения влажности».

По кожному відібраному зразку визначалися макротравмування, мікротравмування та якісні показники насіння, а саме: чистота, засмічення насінням бур'янів, схожість, вологість, маса 1000 насінин, натура, склоподібність, вміст білка і сирової клейковини у відповідності з ГОСТ 135.86.2-81, ГОСТ 12038-84, ДСТУ 2240-93, ДСТУ 2422-94, ДСТУ-3768:2010.

Показники якості насіння визначалися у державних лабораторіях Обласного центру експертизи сортів рослин, Житомирській обласній насіннєвій станції, Оратівській районній станції Вінницької області та Поташнянському хлібозаготівельному підприємстві Черкаської області, що засвідчується відповідними актами.

Для визначення мікротравмування насіння відбирали три зразки по 100 зернівок і кожний розміщували у скляну посудину, заливали 0,5 %-им розчином індіго-карміну, витримували 4–5 хвилин, обережно помішуючи дерев'яною лопаткою. Після витримки 5 хвилин рідину зливали, а насіння обережно промивали водою для видалення зайвої фарби і розміщували на фільтрувальному папері. Після висихання зернівки розкладали по шести видах травм: з вибитим зародком, травмованим зародком, травмованою оболонкою

зародка, травмованою оболонкою зародка і ендосперму, травмованим ендоспермом, травмованою оболонкою ендосперму.

Використовували лупу 10-разового збільшення для визначення мікротравмування згідно з обробленнями дослідних даних О. П. Тарасенка [363]:

$$T = G_2 + G_1 \frac{b_1}{b_2} + G_3 \frac{b_3}{b_2} + G_4 \frac{b_4}{b_2} + G_5 \frac{b_5}{b_2} + G_6 \frac{b_6}{b_2} ,$$

де $G_1 - G_6$ – відсоткова кількість зернівок із вибитим зародком, мікротравмованим зародком, оболонкою зародка, оболонкою зародка і ендосперму, ендоспермом, оболонкою ендосперму.

де $b_1 - b_6$ – коефіцієнти, що визначені за формулою:

$$b_1 = 0.01 \ b_7 - b_i ,$$

де b_7 – схожість нетравмованого насіння;

b_i – схожість насіння з окремими видами травм.

Всі види травм, у зв'язку з неоднаковим їх впливом на якість, приведені до одного – пошкодження зародка.

Отримані експериментальні дані оброблялися за статистичними методами [163, 363, 372, 436].

3.5. Експериментальне обладнання та прилади

Дію та деформацію руйнування зернівок визначали на виготовленому обладнанні, на рамі (1) якого закріпили двигун-редуктор (2), тензометричне кільце (3), з'єднання з основним майданчиком (4), пересувним телескопічним майданчиком (5), з консольним тензометричним коромислом (6), мікрометричним гвинтом (7), осцилографом (8) та підсилювачем ТА-59.

При дослідженні, зернівки розміщували на основному майданчику, який з'єднаний із тензометричним кільцем для замірювання сили руйнування. Під дією сили тяжіння зверху на зернівку зміщується телескопічний пересувний майданчик з тензометричним коромислом для замірювання деформації руйнування. Мікрометричний гвинт закручували до дотику з майданчиком, а

момент дотику визначали початком переміщення світлової цяточки на дзеркалі осцилографа (рис. 3.3).

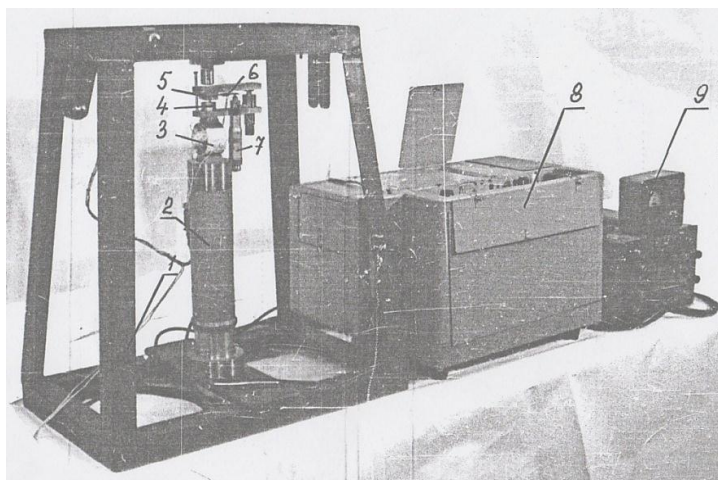


Рис. 3.3. Лабораторне обладнання для дослідження деформації зернівок.

При ввімкненні двигуна пересувний майданчик впирається у виступ рами, після чого зернівка стискається. Зусилля, що діють на тензометричне кільце і коромисло, за допомоги тензодатчиків перетворюється в електричні сигнали, що підсилюються та передаються на осцилограф, де вони перетворюються у світлові сигнали та записуються на світлочутливому папері.

Тарування датчиків для замірювання зусилля руйнування здійснювали шляхом завантаження силового елемента гирями 4-го класу точності до 160 Н через кожні 40 Н. Дослідження деформації зернівок проводили також лабораторним приладом (рис. 3.4).

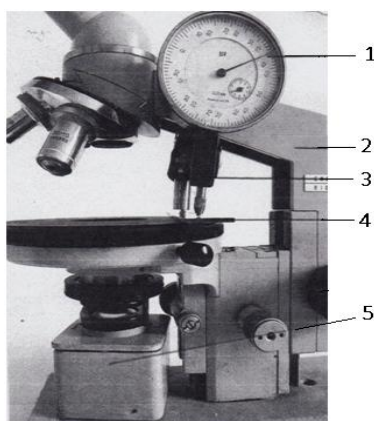


Рис. 3.4. Лабораторний прилад для дослідження деформації зернівок:

- 1 – датчик-індикатор; 2 – рухомий повзунок; 3 – фіксатор з молоточками;
4 – стіл для розміщення зернівок; 5 – стаціонарний стіл.

Травмування насіння на експериментальному вібровідцентровому сепараторі та експериментальній лабораторній вібровідцентровій установці типу БЦСМ.

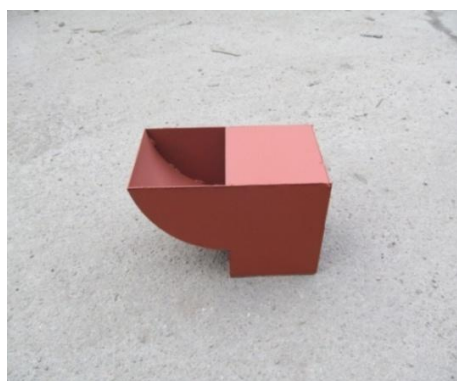
Експериментальний дослідний лабораторний зразок (ЕДЛЗ–01) пневмосепарувального пристрою з розкидачем сепаратора вібровідцентрового типу БЦС.

Вібровідцентрові сепаратори типу БЦС (модифікації БЦСМ-25, БЦСМ-50, БЦСМ-100, СВС-5, СВС-15, СВС-25) мають загальний принцип роботи – головний сепарувальний елемент – вібровідцентровий сепарувальний блок.

Для дослідження впливу розподільника насіння в пневмосепарувальному пристрої на його травмування виготовлено експериментальний дослідний зразок пристрою з розподільником насіння (рис. 3.5, а, б, в, г).

Розподільник насіння експериментальний дослідний виготовлено згідно з кресленнями оригіналу розподільника вібровідцентрового сепаратора, рис. 3.6.

Дозатор, конус-вловлювач-розподільник насіння, конус сходження насіння дослідний, але за розмірами виготовлений у масштабі 1:1.



а



б



в



г

Рис. 3.5.

Експериментально-дослідний зразок складається з каркасу; конуса сходження насіння; конусу-вловлювача-розподільника насіння; розподільника

насіння; кришки; оглядового вікна; дозатора; вала на підшипниках; шківів приводу; електродвигуна та має такі параметри: діаметр розкидача – 530 мм; кут нахилу поверхні розкидача до горизонту – 45° ; кут конуса-приймача (вловлювача) поверхні розкидача – 90° (прямий кут); кількість обертів розкидача $n_p = 110$ об/хв.

Вказані параметри відповідають дійсним значенням (параметрам) пневмосепаруючого пристрою існуючого стандартного вібросепаратора.

З метою забезпечення вимог правил техніки безпеки місце встановлення електродвигуна і шківів приводу розкидача захищене огорожувальною сіткою.

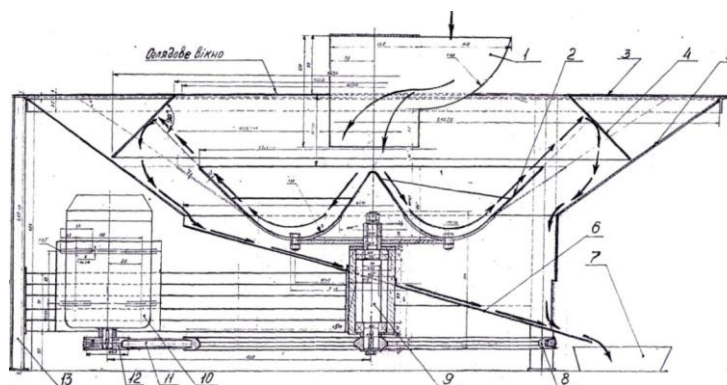


Рис. 3.6. Експериментальний дослідний лабораторний зразок розподільника насіння у пневмосепаруючому пристрої вібросепаратора:

1 – дозатор;	5 – конусна лійка;	9 – вал розкидача;
2 – розкидач;	6 – дно лійки;	10 – електродвигун;
3 – кришка;	7 – ємність для зерна;	11 – пасок;
4 – конус-вловлювач-розподільник ;	8 – шків;	12 – шків;
		13 – рама пристрою.

Нові конструкції експериментальної вібровідцентрової зерноочисної машини типу БЦС, що впроваджена у виробництво Обласного центру експертизи сортів рослин у Житомирській області подані на рисунках 3.7 – 3.10.



Рис. 3.7



Рис. 3.8

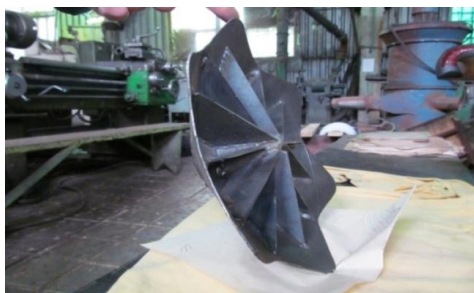


Рис. 3.9



Рис. 3.10

З метою зниження травмування насіння під час сівби та підвищення урожайності зернових культур в якості експериментальних робочих органів використано нову конструкцію дискового сошника зернової сівалки СЗ-3,6 А–0,4, що показано на рис. 3.15–3.19.



Рис. 3.11



Рис. 3.12



Рис. 3.13



Рис. 3.14

Головним завданням сівби зернових сільськогосподарських культур як однієї з основних технологічних операцій вирощування озимої пшениці, озимого жита, ячменю та інших зернових культур є оптимальне розміщення

насіння на підшві ґрунту та його якісне зароблення, з метою створення найбільш оптимальних умов росту та розвитку рослин протягом усього періоду вегетації та отримання високого і якісного врожаю зерна.

Важливими чинниками при сівбі є якість зароблення та розміщення насіння в ґрунті, утворення рівномірної твердої підшви, накриття насіння ґрунтовою масою, мінімальне пошкодження зернівок до завершення їх зароблення та глибина зароблення, яка повинна бути оптимальною для даної культури з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей та агротехніки вирощування.

Таким чином, внаслідок експериментальної та запатентованої конструкції дискового сошника, в результаті проведення сівби озимої пшениці, жита та інших зернових, такими сівалками покращується технологічна частина операції висівання, полегшується організація обслуговування, підвищується якість виконання роботи, тобто зменшується ризик отримання браку в роботі, а відтак покращується культура поля, більш рівномірно розміщується насіння на твердій підшві ґрунту, забезпечується рівна ширина смуги, а не в рядку, відсутнє забивання вологим ґрунтом та іншими засмічувачами. Внаслідок рівномірного розміщення рослин зменшується розвиток бур'янів, краще заробляються на відповідну рівномірну глибину посіву зернівки при русі по пластині розподільника зі штирями, а її гумове покриття при падінні та русі на пластині розподільника значно зменшує травмування зернівок. Усі ці чинники в комплексі створюють сприятливі умови для проходження насіння від катушкового апарата до підшви, ґрунту, що в результаті забезпечує підвищення врожайності і якості зерна та насіння, що у виробничих умовах протягом багатьох років забезпечувало зростання урожайності на 6–7 ц /гектара, а в сприятливі роки навіть більше 10 ц з гектара (рис. 3.15–3.19).

Відомий серійний дводисковий вузькорядний сошник, що містить корпус, сполучений за допомогою кронштейна та поводків з транспортним засобом, два дискові ножі, що встановлені в корпусі з розміщенням площин їх обертання назустріч один до одного під кутом до вертикальної площини, що співпадає з

напрямок руху транспортного засобу, та насіннєпровід з двоструменевим розподільником.

При сівбі сівалкою з такими сошниками утворюються дві борозни, розділені між собою горбистою поверхнею ґрунту, на дні яких стиснено в рядку розміщується насіння, практично одне біля одного, а це призводить до того, що проростання ростків насінин, а в наступному формування кореневої системи, стеблостою та використання ними води, поживних речовин, сонячної енергії, формування вегетативних та репродуктивних органів у значній мірі заважають одне одному. Тобто в кінцевому результаті створюються несприятливі умови для формування бажаного врожаю.

Тому головним завданням нової конструкції, що пропонується, є створення сошника, який забезпечить рівномірне розміщення насіння при сівбі на тверду підшву дна борозни із забезпеченням оптимальних відстаней між зернівками.

Вирішення такого завдання здійснюється запропонованою новою конструкцією дводискового широкорядного сошника, що містить корпус 1, кронштейн 2 та поводки, за допомогою чого сошник кріпиться до сівалки, два дискові ножі 3, встановлені за допомогою щік 4 в корпусі 1 з розміщенням площин їх обертання назустріч один до одного під кутом α до вертикальної площини, що співпадає з напрямком руху транспортного засобу. По насіннєпроводу із катушкового висівного апарата насіння озимої пшениці, жита та інших сільськогосподарських культур потрапляє на розсіювальну розподільчу металеву пластину, довжиною до 175 мм, шириною до 75 мм, товщиною 2–3 мм, що встановлена під кутом $\beta=30^\circ$, а можливо, і $15\text{--}45^\circ$, у залежності від умов та необхідності застосування під різні культури. На розсіювальній-розподільчій пластині в шаховому порядку розміщені металеві стержні довжиною 10 мм, діаметром 2 мм на відстані 15 мм один від одного. На розподільчу пластину і стержні нанесене гумове покриття певної товщини для зниження травмування насіння при сівбі та підвищення його якості, особливо схожості та проростання.

Розсіювально-розподільча пластина кріпиться на одному стояку на відстані майже 50 мм від місця кріплення колишнього розподільника насіння при вузькорядній сівбі. Для стійкого положення пластини при виконанні технологічного процесу сівби під нею встановлюється механічне кріплення у вигляді стержня діаметром 12–14 мм одним кінцем до стояка, а іншим – до нижнього кінця пластини на відстані 30–40 мм. На цьому ж стояку кріпиться лапка-бритва шириною, що відповідає відстані між борознами, які утворюються в результаті розгортання ґрунту дисковими ножами 3 при русі сошника, яка забирає ґрунтовий горбочок, утворений дисковими ножами, створюючи таким чином рівне ложе для розміщення насіння на твердій підшві ґрунту, лапка-бритва 7 встановлена із забезпеченням площини її основи 8 в площині основи борозен, розміщена під розподільчою пластиною 9, яка встановлена під кутом β до горизонту, зі стержнями 10, розміщеними в шаховому порядку на відстані 15 мм один від одного, що забезпечує між ними вільний рух насіння, яке, розподіляючись рівномірно, під час руху сівалки по всій ширині пластини повільно зсипається з нижнього краю розсіювально-розподільчої пластини, утворюючи при цьому засіяну смугу. Після цього здійснюється загортання борозни або накриття насіння ґрунтом, вирівнювання поверхні поля та коткування за допомогою існуючих спеціальних пристроїв.

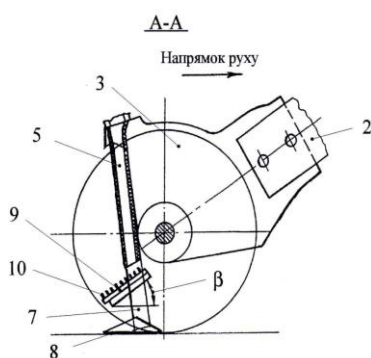


Рис. 3.15.

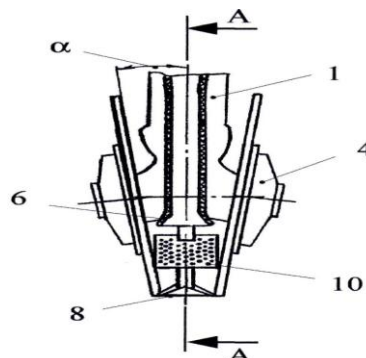


Рис. 3.16.

Загальний вигляд та вигляд у розрізі сошника дводискового широкорядного з розподільчою пластиною: 1 – корпус сошника; 5 – насіннепровід; 6 – диск сошника; 7–8 – стояк і лапка зняття борозенки, утвореної ножами диска; 9 – розподільча пластина; 10 – штирі на пластині для рівномірного розподілення насіння.



Рис. 3.17. – 3.19. Розподільча пластина, лапка-бритва розрівнювання борозни підшви ґрунту, стояк, на якому кріпляться лапка-бритва та розподільча пластина експериментального дискового сошника.

Застосування сошника нової конструкції, що пропонується, дасть можливість досягти наступного техніко-ефективного результату:

- 1) зменшення механічного травмування насіння при сівбі, що забезпечує його якість;
- 2) забезпечення утворення твердої посівної ґрунтової підшви для розміщення на ньому насіння, що відповідає відстані між борознами, які утворюються в результаті розгортання ґрунту дисками при русі сошника;
- 3) забезпечення рівномірного розподілення насіння на поверхні всієї утвореної площини-смуги ґрунту, тобто поверхні підшви ґрунту;
- 4) забезпечення створення оптимальних умов отримання дружних сходів та розвитку проростків, не створюючи відставання один від одного внаслідок рівномірного використання вологи, поживних речовин та сонячної енергії;
- 5) зниження інтенсивності розвитку бур'янів внаслідок більш рівномірного розвитку рослин сільськогосподарських культур;
- 6) у зв'язку із зниженням травмування, покращенням якості та рівномірного розподілення насіння суттєвого зростання урожайності.

Висновки до розділу

1. Розглянуто загальну методику макро- та мікротравмування насіння робочими елементами різних технічних засобів при проходженні технологічних процесів на всіх стадіях його підготовки. Значна увага приділена

визначенню мікротравмування зернівок, за допомогою барвника індіго-карміну у застосуванні методу спостереження кожної зернівки під лупою десятиразового збільшення для визначення кожного типу травмування.

2. Для визначення якісних показників насіння, наступні зразки відбиралися у всіх господарствах де проводилися дослідження всіх сортів протягом п'яти років згідно державних стандартів ГОСТ 12036-85, ДСТУ 2422-94, ДСТУ 3768-2010 та інших, що підтверджується відповідними актами.

3. Визначення деформації проводили при застосуванні виготовлених приладів і обладнання. Тарування датчиків для замірювання зусилля руйнування здійснювали шляхом завантаження чилового елемента гирями 4-го класу точності до 160 N через кожні 40 N.

Дослідження деформації зернівок проводили також лабораторним приладом, виготовленим на основі мікроскопа.

4. Пошкодження-зараження насіння мікроорганізмами та їх розвиток на всіх стадіях технологічних процесів проводилося згідно загальної методики на основі ДСТУ 4138-2002 у лабораторіях державних насінневих станцій, що засвідчено відповідними актами.

5. Розроблено та виготовлено експериментальне обладнання для дослідження деформації, травмування і руйнування насіння, рис. 3.3 та 3.4.

6. Розроблено та виготовлено експериментальний дослідний лабораторний зразок пневмосепаруючого пристрою вібросепаратора та експериментальну конструкцію вібровідцентрової зерноочисної машини типу БЦС, рис. 3.7–3.14.

7. Виготовлено експериментальний зразок сошника зернової сівалки запатентованої конструкції, що сприяє зниженню травмування насіння, сприятливим умовам росту, розвитку та формуванню високого та якісного врожаю, рис. 3.15–3.19.

8. Конструкційно-технологічні вдосконалення, розроблення та виготовлення підтверджується патентами та актами впровадження, що надані у дисертаційній роботі.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ, ЛАБОРАТОРНИХ І ВИРОБНИЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРАВМУВАННЯ НАСІННЯ ТА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ

4.1. Результати дослідження впливу параметрів і режимів роботи молотильних агрегатів на травмування та якість насіння

Експериментальні дослідження механічних впливів на травмування насіння озимої пшениці різних сортів під час збирання, що проводились автором у різних агрокліматичних зонах країни протягом п'яти років, 2009–2013 рр., і наведені в таблицях, показують, що на всіх стадіях обмолочування ці показники мають відмінності. Найменшу кількість макротравм, 2,8 %, отримано після збирання пшениці роторним молотильним апаратом, тоді як при обмолочуванні барабанним апаратом кількість макротравмованого насіння зросла до 9,4 % (табл. 4.2).

Інтенсивного макротравмування зазнало насіння сорту Миронівська 65 після обмолочування комбайном ДОН-1500Б у порівнянні із сортом Перлина Лісостепу при збиранні комбайном «Славутич», де різниця між цими показниками при пошкодженні від жатки до бункера становить 4,2 % і 3,2 % (табл. 4.1).

Макротравмування зернівок сорту Актер також відбувалося із більш позитивною динамікою при обмолочуванні роторним комбайном, ніж при застосуванні барабанного апарата у межах від 1,6 % до 2,2 %, відповідно, а кількість макротравмованого насіння у ньому була на 4,8 % більшою, ніж при роторному обмолочуванні (табл. 4.1, 4.2, 4.3).

Результати проведених експериментальних досліджень показали, що мікротравмування насіння озимої пшениці під час збирання має значні негативні наслідки. Вибитий та пошкоджений зародок пшениці Одеська 237 після вивантаження із бункера (табл. 4.2) становив 6,4–9,0 % після обмолочування барабанним апаратом, а роторним – 2,2 % та 3,0 %, тобто менше на 4,2 % та 6,0 %.

Таблиця 4.1

Травмування насіння озимої пшениці під час збирання

Господарство	Сорт	Стадії дослідження	Макро-травми, %	Мікротравми				
				зародка		всього травм	без пошкоджень	узагальнений показник травм, %
				вибитий	пошкоджений			
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Миронівська 65	на корені	0	0	0	5,5	94,5	1,26
		в жатці	2,6	1,6	3,0	19,2	80,8	8,49
		п. барабана	4,2	3,2	3,0	38,4	61,6	17,91
		п. решіт	4,8	3,8	3,6	42,6	57,4	20,68
		в бункері	5,8	5,0	4,4	50,6	49,4	21,41
		п. бункера	6,8	5,6	5,0	54,2	45,8	28,42
		п. автомобіля	6,8	5,6	5,8	47,6	42,4	30,96
СФГ «Стецівське» Черкаської області	Перлина Лісостепу	на корені	0	0	0	4,8	95,20	1,30
		в жатці	1,6	1,8	2,8	20,6	79,4	12,62
		п. барабана	3,4	4,0	5,2	48,8	51,2	26,05
		п. решіт	3,6	4,2	5,4	54,4	45,6	29,25
		в бункері	4,2	5,0	6,4	59,0	41,0	29,95
		п. бункера	4,8	5,0	6,8	62,4	37,6	35,74
		п. автомобіля	5,0	5,4	7,6	66,6	33,4	39,20

Таблиця 4

Травмування насіння озимої пшениці під час збирання

Господарство	Сорт	Стадії дослідження	Макро-травми, %	Мікротравми				
				зародка		всього травм	без пошкоджень	узагальнений показник травм, %
				вибитий	пошкоджений			
СВК «Маяк» Вінницької області (барабан)	Одеська237	на корені	0	0	0	5,8	94,2	3,65
		в жатці	3,2	2,2	4,0	22,4	77,6	14,91
		п. барабана	6,4	4,0	6,2	41,6	58,4	25,52
		в бункері	7,8	4,6	7,8	54,0	46,0	31,64
		п. бункера	9,2	6,4	9,0	57,2	42,8	36,29
		п. автомобіля	9,4	7,0	9,4	60,0	40,0	40,91
СВК «Маяк» Вінницької області (ротатор)	Одеська237	на корені	0	0	0	2,8	97,2	0,68
		в жатці	2,8	1,8	2,4	17,2	82,8	6,28
		п. ротора	4,1	2,2	2,8	21,2	78,8	8,24
		в бункері	4,2	2,4	3,0	23,0	77,0	9,23
		п. бункера	4,8	3,2	3,2	29,2	70,8	14,33
		п. автомобіля	5,2	3,4	3,4	33,0	67,0	16,37

Таблиця 4.3

Травмування насіння озимої пшениці під час збирання

Господарство	Сорт	Стадії дослідження	Макро-травми, %	Мікротравми				
				зародка		всього травм	без пошкоджень	узагальнений показник травм, %
				вибитий	пошкоджений			
ПСП «Україна» Житомирської області	Актер	на корені	0	0	0	7,8	92,2	1,63
		в жатці	2,6	1,8	2,0	31,0	69,0	13,45
		п. барабана	4,5	4,0	5,0	48,0	52,9	23,50
		в бункері	6,0	4,6	5,2	57,4	42,6	27,89
		п. бункера	4,8	4,8	5,6	56,3	43,7	29,02
		п. автомобіля	5,8	3,4	5,4	60,2	39,8	26,68
ТОВ «Архат» Житомирської області (ротор)	Актер	на корені	0	0	0	5,4	94,6	1,1
		в жатці	2,5	0,6	1,4	15,4	84,6	6,66
		п. ротора	3,4	1,4	2,3	25,2	74,8	12,48
		в бункері	3,8	1,8	2,8	28,6	71,4	14,36
		п. бункера	4,0	2,6	3,6	33,2	66,8	18,51
		п. автомобіля	4,2	2,8	4,2	39,0	61,0	22,40

Значніших та інтенсивніших пошкоджень отримав зародок сортів Миронівська 65 та Перлина Лісостепу після обмолочування комбайнами ДОН-1500Б і «Славутич», що становило вибитого зародка 5,6 % і 5,0 %, а пошкодженого – 5,0 і 6,8 %. Відповідно різні значення пошкодження спостерігаються при отриманні мікротравм оболонок, ендосперму, оболонок зародка та ендосперму.

Найбільшу кількість мікротравмованого насіння після обмолочування барабанним апаратом отримано в межах 66,6–60,2 % сортів Перлина Лісостепу та Актер, а найменшу 33,0–39,0 % роторним апаратом сортів Одеська 237 та Актер. Таким чином, найбільша кількість нетравмованого насіння після збирання (67,0 %) нараховувалось у с. Одеська 237 при обмолочуванні роторним молотильним апаратом. А серед барабанних кращі результати, тобто менше травмування, отримано при збиранні комбайном «Славутич» – 37,6 %.

Що стосується узагальненого показника мікротравмування насіння озимої пшениці під час обмолочування, то найменші його значення отримано при обмолочуванні роторними молотильними апаратами в межах 14,33–16,51 %, а барабанним обмолочуванням найкращий позитивний результат отримано при збиранні с. Миронівська 65, що становить 28,42 %, тобто першість тримають сорти вітчизняної селекції.

Отже, при обмолочуванні озимої пшениці комбайнами з різними молотильними апаратами, меншого травмування насіння завдають роторні апарати, причому різниця на їх користь має суттєві значення – в межах 22,06 %.

Необхідно наголосити, що мікротравмування насіння озимої пшениці внаслідок механічної дії робочих елементів під час обмолочування різними комбайнами в різних господарствах, від стадії на корені до вивантаження із бункера, у с. Миронівська 65–27,16 %, у с. Перлина Лісостепу – 34,44 %, Одеська 237, при застосуванні різних молотильних агрегатів, відповідно – 32,64 % та 13,65 %, у Актер – 25,05 % та 15,41 %. Тобто мікротравмування зернівок під час збирання зернозбиральними комбайнами барабанного типу досягали 34,44 %, або

більше третини, а роторним – 13,65 %, різниця на користь останніх становить 20,79 %, або п'яту частину зернового вороху. Дозріле, нормально сформоване, виповнене насіння із непошкодженими оболонками, що містить мертві клітини епідермісу та тонкий шар кутикули, які складаються із клітковини і воскових речовин, мають незначний вплив мікроорганізмів на поверхні та у прилеглих капілярах.

Травмовані тканини зернівок є місцем сприятливих умов для розвитку та життєдіяльності різних мікроорганізмів, а пошкоджений зародок та ендосперм стають живильним середовищем для шкідників. Автором протягом п'яти років проведені дослідження щодо впливу травмування і пошкодження мікроорганізмами насіння озимої пшениці під час збирання, середні значення таких досліджень за 2009–2013 роки, наведені в таблицях 4.4 і 4.5, свідчать, що більшість різних мікроорганізмів, якщо насіння міститься на поверхні в незначній кількості. Отримані дані свідчать про те, що грибна флора фузаріозу перед початком обмолочування на корені міститься в межах 2,2 % на зернівках сорту Перлина Лісостепу та 5,5 % сорту Одеська 237, альтернаріозу 0,1 % у с. Актер та 0,2–0,3 % у решти сортів. Тобто такі кількості обумовлені природним станом наявності шкідників у навколишньому середовищі і, безумовно, мають мінімальний негативний вплив на погіршення якості тільки пошкодженого насіння в силу природних явищ.

У процесі експериментальних досліджень отримані дані показують, що кількість мікроорганізмів під час обмолочування різко зростає, що підтверджує дані інших дослідників, які свідчать про те, що певні температурні та вологісні фактори сприяють бурхливому та швидкому розвитку мікроорганізмів спочатку на поверхні, а потім, заглиблюючись всередину тканини насіння, спричиняють при цьому негативний вплив на якість або часткову чи повну її загибель, у залежності від тривалості дії та наявності різноманітних чинників.

Таблиця 4.4

Пошкодження мікроорганізмами насіння озимої пшениці під час збирання

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Фузаріоз, %	Гельмінто-споріоз, %	Септо-ріоз, %	Альтерна-ріоз, %	Плісняві грибки, %
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Миронівська 65	на корені	3,2	0,6	0,3	0,2	-
		в жатці	20,0	16,8	7,6	3,0	-
		п. барабана	25,4	20,6	9,4	4,2	-
		п. решіт	29,2	19,4	11,6	4,6	-
		в бункері	42,8	21,2	14,6	5,6	-
		п. бункера	41,4	26,0	12,2	5,6	-
		п. автомобіля	45,0	26,0	13,0	6,2	-
СФГ «Стецівське» Черкаської області	Перлина Лісостепу	на корені	2,2	0,5	0,2	-	-
		в жатці	9,8	8,4	5,0	-	-
		п. барабана	12,2	10,7	6,8	-	-
		п. решіт	13,8	11,2	8,2	-	-
		в бункері	14,7	13,4	11,2	-	-
		п. бункера	19,6	13,8	12,6	-	-
		п. автомобіля	21,6	14,6	13,4	-	-
СВК «Маяк» Вінницької області	Одеська 237	на корені	5,5	0,8	1,4	0,3	-
		в жатці	23,4	8,8	3,8	1,4	-
		п. барабана	25,2	14,2	4,2	2,6	-
		в бункері	25,4	14,8	3,8	3,9	-
		п. бункера	27,0	15,8	3,2	4,5	-
		п. автомобіля	28,0	16,2	4,0	5,2	-

Таблиця 4.5

Пошкодження мікроорганізмами насіння озимої пшениці під час збирання

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Фузаріоз, %	Гельмінто-споріоз, %	Септо-ріоз, %	Альтерна-ріоз, %	Плісняві грибки, %
СВК «Маяк» Вінницької області (барабан)	Одеська 237	на корені	8,0	1,4	0,4	0,3	-
		в жатці	23,0	19,2	13,0	8,2	-
		п. барабана	27,0	22,6	15,9	10,0	-
		в бункері	27,2	22,8	16,0	10,7	-
		п. бункера	27,5	23,0	16,0	11,0	-
		п. автомобіля	29,2	23,8	17,2	10,8	-
ПСП «Україна» Житомирської області	Актер	на корені	10,2	0,4	0,2	0,1	-
		в жатці	12,2	11,0	7,2	1,0	-
		п. барабана	10,0	10,0	6,0	2,0	-
		п. решіт	12,0	12,0	7,0	3,0	-
		в бункері	15,6	14,6	10,6	3,0	-
		п. бункера	14,8	14,2	11,0	3,0	-
ТОВ «Архат» Житомирської області	Актер	п. автомобіля	16,2	14,4	11,0	3,0	-
		на корені	3,8	14,0	0,4	0,3	-
		в жатці	19,8	17,4	9,2	2,8	-
		п. барабана	20,7	19,0	10,4	2,9	-
		в бункері	21,8	20,2	11,4	3,0	-
		п. бункера	24,0	20,4	12,0	3,2	-
		п. автомобіля	24,8	21,6	13,2	3,2	-

Як свідчать наведені дані, після вивантаження із бункера зернового вороху с. Миронівська 65 кількість зараження фузаріозом зросла, у порівнянні із початковим станом, на 38,1 %, або майже у 12 разів, гельмінтоспоріозом – на 25,4 %, або у 42 рази, септоріозом – на 11,9 %, або майже у 40 разів, зараження альтернаріозом відповідно збільшилося на 5,4 %, або у 27 разів (табл. 4.4).

Наведені результати свідчать про те, що менші зараження шкідниками за роки досліджень отримано насінням с. Актер, де різниця між початковою і завершальною стадією збирання становить: у фузаріозу 23,5 %, або зростає майже у 6 разів, гельмінтоспоріозу – 21,6 %, або у 15 разів, септоріозу – відповідно 15,6 % та 39 разів і альтернаріозу – 10,7 %, або у 36 разів (табл. 4.6). Необхідно зазначити, що ступінь пошкодження мікроорганізмами залежить також від погодно-кліматичних умов при збиранні, хоча не варто забувати, що збільшення травмування при виконанні технологічного процесу також впливає на зараження мікроорганізмами в напрямку зростання.

Деякі дані досліджень свідчать про те, що шкідливий розвиток мікроорганізмів у насінні пшениці та інших зернових культур відбувається навіть при критичній вологості, що пов'язано із нерівномірною вологістю всього зернового вороху, неоднаковою вологістю окремих зернівок, їх частинок, наявністю вологих частинок соломи, полови, грудочок, пилу, вологих засмічувачів та особливо вологого, сирого насіння бур'янів.

Дані результатів досліджень впливу травмування та пошкодження мікроорганізмами на якість насіння озимої пшениці під час обмолочування показують (табл. 4.4, 4.5, 4.6), що їх вплив зменшується із 99,1 % до 93,0 %, тобто на 6,1 %, причому, після роторних апаратів таке зменшення становить 1,9–2,4%, а після барабанних відповідно 3,68–7,5 %. Кількість насіння бур'янів з початку обмолочування зростає, а після решітного стану поступово зменшується, що пов'язано із вимолочуванням і витрушуванням його із стручків, коробочок та соломи, полови і загальної маси вороху (табл. 4.6, 4.7, 4.8).

Таблиця 4.6

Вплив травмування на якість озимої пшениці під час збирання

Господар-ство	Сорт	Стадії досліджень	Чисто-та, %	Насі-ння бур'я-нів	Схо-жість, %	Воло-гість, %	Маса 1000 насінин, грам	Нату-ра, г/літр	Скло-подіб-ність, %	Білок, %	Сира клей-ковина, %
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомир-ської обл.	Миро-нів-ська 65	на корені	98,2	104	94,9	16,0	45,7	772	82,4	13,86	23,0
		в жатці	97,66	191	94,3	15,5	45,2	760	80,0	14,06	23,44
		п. барабана	96,74	428	93,1	15,4	44,1	744	76,6	14,26	23,82
		в бункері	95,70	286	92,0	15,1	43,5	737	74,6	14,42	24,14
		п. бункера	95,04	284	91,7	14,9	42,9	731	73,8	14,52	24,38
		п. автомо-біля	94,76	282	91,7	14,7	42,5	726	72,2	14,64	24,58
			94,52	274	91,4	14,5	42,3	724	71,6	14,72	24,68
СФГ «Стецівське» Черкаської обл.	Пер-лина Лісо-степу	на корені	98,6	100	98,0	15,3	46,6	762	65,7	13,04	21,56
		в жатці	97,5	101	97,2	15,1	46,2	758	59,4	13,16	21,74
		п. барабана	95,8	100	96,0	14,9	45,7	739	52,6	13,42	21,98
		в бункері	94,6	98	95,3	14,6	45,1	730	48,8	13,56	22,16
		п. бункера	94,0	86	93,3	14,3	44,2	723	47,4	13,74	22,34
		п. автомо-біля	93,4	82	92,7	14,2	44,0	720	47,0	13,84	22,44
			93,0	81	92,2	14,1	43,9	719	46,4	13,92	22,50

Таблиця 4.7

Вплив травмування на якість озимої пшениці під час збирання

Господар- ство	Сорт	Стадії досліджень	Чисто- та, %	Насі- ння бур'я- нів	Схо- жість, %	Воло- гість, %	Маса 1000 насінин, грам	Нату- ра, г/літр	Скло- подібність, %	Білок, %	Сира клей- кови- на, %
СВК «Маяк» Вінницької області (барабан)	Одеська 237	на корені	98,5	294	89,2	14,4	47,9	769	80,8	14,16	25,23
		в жатці	97,7	288	88,5	14,7	46,6	760	79,8	14,50	25,53
		п. барабана	95,1	245	87,5	15,2	45,7	764	77,4	14,73	25,90
		в бункері	92,6	220	85,9	15,0	44,4	750	75,4	14,98	26,23
		п. бункера	91,1	205	85,3	14,0	43,8	754	74,0	15,05	26,30
		п. автомо- біля	91,0	200	84,6	13,7	43,5	759	73,4	15,20	26,68
СВК «Маяк» Вінницької області (ротор)	Одеська 237	на корені	98,8	390	90,6	15,5	48,6	773	54,2	15,42	28,4
		в жатці	97,9	370	88,8	15,9	47,7	760	49,6	15,10	28,0
		в бункері	97,5	368	87,3	16,5	47,3	753	45,8	14,88	27,8
		п. бункера	97,1	128	87,0	16,5	46,9	750	43,8	14,78	27,6
		п. автомо- біля	96,9	120	85,8	16,7	46,8	749	42,4	14,74	27,5

Таблиця 4.8

Вплив травмування на якість озимої пшениці під час збирання

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Чистота, %	Насіння бур'янів	Схожість, %	Вологість, %	Маса 1000 насінин, грам	Натуга, г/літр	Скловидність, %	Білок, %	Сира клейковина, %
ПСП «Україна» Житомирської області	Актер	на корені	99,1	240	98,9	15,76	48,4	740	61	13,68	23,99
		в жатці	97,5	239	98,2	75,96	48,5	732	56	13,76	24,12
		п. барабана	97,3	285	96,0	76,4	48,4	724	54	14,00	24,35
		в бункері	97,2	295	94,1	17,1	48,2	716	52	14,20	24,48
		п. бункера	97,0	305	93,6	16,5	47,4	710	50	14,20	24,50
		п. автомобіля	96,0	325	90,0	16,3	46,0	700	49	14,35	24,60
ТОВ «Архат» Житомирської області	Актер	на корені	98,8	315	98,5	14,6	48,3	751	52	14,86	28,6
		в жатці	98,8	313	97,6	14,3	17,8	740	48	14,74	28,3
		п. барабана	97,6	350	97,0	14,8	47,3	734	46	14,72	28,1
		в бункері	97,0	346	96,7	15,2	47,0	731	44	14,70	28,0
		п. бункера	96,6	339	94,8	16,0	46,3	726	41	14,64	27,9
		п. автомобіля	96,4	327	94,4	16,2	46,3	724	40	14,60	27,5

Травмування та зараження мікроорганізмами зернівок на різних стадіях обмолочування негативно впливає на дуже важливий показник якості насіння – схожість, яка на початку збирання становить у с. Одеська 237 при найнижчому значенні 89,2 %, а при найвищому – 98,9 %, а після вивантаження з бункера ці показники відповідно перебували в межах 85,3 % та 96,3 %, або на 3,9 % та 2,6 % менше.

Вологість насіння в окремих випадках під час обмолочування дещо зростала, а в інших такі зміни були несуттєвими, що пояснюється кількістю сирого насіння бур'янів та наявністю інших вологих засмічувачів у зерновому воросі.

Маса 1000 насінин, натура та склоподібність під час протікання процесу збирання, травмування зернівок та пошкодження їх мікроорганізмами знижувалася. Так, маса 1000 насінин с. Миронівська 65 на час вивантаження з бункера зменшилася, порівняно з початковим станом на 2,8 грама, с. Перлина Лісостепу – на 2,4 грами, с. Одеська 237 – на 4,1 грама, с. Актер – на 2,0 грама.

Натура насіння, відповідно, зменшилася на 41 г/літр, 39 г/літр, 44 г /літр, 20 г/літр, а склоподібність, відповідно, зменшилася на 8,6 %, 18,3 %, 6,8 % та 11 %.

Наявність білка та сирогої клейковини за період обмолочування не зменшилась, а на значній більшості варіантів спостерігалось їх несуттєве зростання в межах 0,50–0,70%.

Під час збирання озимого жита зернівки отримують макротравми у кількості 1,6 % в жатці, 4,8 % – після проходження через молотильний апарат та 6,8–7,6% – після вивантаження із бункера, тобто зростання макротравм перебувало в межах 6,0 % (табл. 4.9).

Щодо отримання мікротравм під час обмолочування жита (табл. 4.9), то кількість вибитих зародків становить 2,8 % і 3,8 %, причому, таке травмування було меншим у с. Верхняцьке 32.

Таблиця 4.9

Травмування насіння озимого жита під час збирання

Господарство	Сорт	Стадії дослідження	Макротравми, %	Мікротравми, %				
				зародка		всього травм	без пошкоджень, %	узагальнений показник травм, %
				вибитий	пошкоджений			
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Верхняцьке 32	на корені	-	-	-	4,2	95,8	1,13
		в жатці	1,6	0,4	2,0	26,8	73,2	10,56
		п. барабана	4,8	2,4	6,4	56,0	44,0	26,24
		п. решіт	5,6	2,6	7,8	57,8	42,2	30,8
		в бункері	7,2	3,0	9,2	68,6	31,4	33,72
		п. бункера	7,6	3,2	9,9	71,6	28,4	34,41
		п. автомобіля	7,8	3,4	10,4	73,8	26,2	35,29
ТОВ «Галекс-Агро» Житомирської області	Клич	на корені	-	-	-	4,4	95,6	1,13
		в жатці	1,6	1,4	2,0	21,2	78,8	12,63
		п. барабана	4,8	3,2	4,8	52,8	47,2	25,45
		п. решіт	5,2	4,2	6,0	56,2	43,8	29,8
		в бункері	6,0	5,2	7,6	60,4	39,6	33,57
		п. бункера	6,8	5,2	8,2	61,4	38,6	37,24
		п. автомобіля	7,0	5,6	9,0	63,4	36,6	39,98

Таблиця 4.10

Пошкодження мікроорганізмами насіння озимого жита під час збирання

Господарство	Сорт	Стадії дослідження	Фуза-ріоз, %	Гельмінто-споріоз, %	Септо-ріоз, %	Альтерна-ріоз, %	Плісняві грибки, %
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Верхня-цьке 32	на корені	13,4	5,8	6,6	2,0	-
		в жатці	42,8	13,0	18,6	5,6	-
		п. барабана	48,4	17,4	21,8	6,4	-
		п. решіт	50,8	19,0	23,4	7,2	-
		в бункері	54,4	20,2	24,8	7,2	-
		п. бункера	54,9	20,5	24,9	7,4	-
		п. автомобіля	56,2	21,4	25,2	7,8	-
ТОВ «Галекс-Агро» Житомирської області	Клич	на корені	15,6	7,6	7,4	3,0	-
		в жатці	45,6	17,4	18,4	6,2	-
		п. барабана	46,6	19,8	22,0	6,6	-
		п. решіт	48,8	21,2	23,6	7,4	-
		в бункері	51,2	23,8	25,0	8,2	-
		п. бункера	52,4	26,0	25,6	9,0	-
		п. автомобіля	54,4	27,6	27,2	9,75	-

Таблиця 4.11

Вплив травмування та пошкодження мікроорганізмами на якість насіння озимого жита під час збирання

Господарство	Сорт	Стадії дослідження	Чистота, %	Насіння бур'янів, шт/кг	Схожість, %	Вологість, %	Маса 1000 насінин, грам	Натура, г/літр
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Верхняцьке 32	на корені	97,0	-	90,5	15,6	39,5	671
		в жатці	95,4	135	88,8	15,6	38,8	655
		п. барабана	92,2	148	85,6	15,6	38,0	644
		п. решіт	91,9	137	84,6	15,3	37,7	637
		в бункері	91,3	131	84,3	15,2	37,2	626
		п. бункера	91,0	130	83,5	15,1	36,8	621
		п. автомобіля	90,9	130	82,7	15,0	35,1	617
ТОВ «Галекс-Агро» Житомирської області	Клич	на корені	96,7	-	93,8	21,4	30,2	635
		в жатці	94,7	348	92,6	20,8	29,8	622
		п. барабана	92,2	1041	90,4	20,1	29,5	611
		п. решіт	90,8	880	88,7	19,6	29,2	606
		в бункері	81,9	800	87,2	19,5	29,0	603
		п. бункера	88,7	790	86,5	19,3	28,7	599
		п. автомобіля	88,0	780	86,0	19,1	28,6	597

Пошкодження зародка спостерігається в межах 7,9 % та 6,2 % після вивантаження в автомобіль, а всього травмованого насіння на цій стадії у с. Верхняцьке 32 виявилось 71,6 %, с. Клич – 61,4 %. Таким чином, кількість нетравмованого насіння залишилась відповідно 28,4 % та 38,6 %, або тільки третина насіння залишається неушкодженою після обмолочування і вивантаження з бункера.

Узагальнений показник травм зернівок озимого жита, куди ввійшли всі види отриманих трав під час збирання культури, із 1,13% на корені зріс до 34,4% та 37,24% після вивантаження з бункера, або у с. Верхняцьке 32 збільшився за період технологічного процесу на 33,28%, а у с. Клич – на 36,11%, тобто вітчизняний сорт травмувався менше. Дані досліджень свідчать про те, що інтенсивність травмування на стадії жатка – молотильний апарат була значно вищою, ніж на інших ділянках досліджуваних варіантів.

Результати досліджень, наведені в таблиці 4.11, свідчать про те, що пошкодження мікроорганізмами зернівок озимого жита збільшувалося з проходженням технологічного процесу обмолочування та із зростанням травмування насіння. Так, кількість зараження фузаріозом у с. Верхняцьке 32 зросла після вивантаження із бункера на 41,5 %, гелмінтоспоріозом – на 14,7 %, септоріозом – на 18,3 %, а альтернаріозом – на 5,4 %. У с. Клич ці показники мали, відповідно, такі значення – 36,8 %, 18,4 %, 18,2 % та 6,0 %, тобто попередній сорт суттєвіше пошкодився фузаріозним зараженням, а іншими шкідниками обидва сорти були заражені приблизно на одному рівні. В цьому випадку збільшення травмування насіння полегшувало зростання та зараження мікроорганізмами.

Необхідно зазначити, що після вивантаження з автомобіля, а також при наступних механічних переміщеннях також спостерігається травмування насіння озимої пшениці в межах 2,5–3,46 %, та жита в межах 0,8–2,64 %, а разом із травмуванням зростає також і негативна роль мікроорганізмів, відповідно, на 2–4 % та 1,3–2 %.

Таким чином, навіть за короткий період перевезення зернового вороху від комбайна до місця очищення проходить бурхливий розвиток мікроорганізмів, які справляють негативну дію щодо впливу на якість насіння.

Відповідно вплив травмування та пошкодження мікроорганізмами на якість насіння озимого жита можемо спостерігати за даними таблиці 4.11, які свідчать про те, що чистота із проходженням процесу обмолочування до вивантаження знижувалася на 6–8 %, кількість насіння бур'янів спочатку значно зростала, а потім зменшувалася на 5 шт/кг, що пояснюється вирощуванням цього сорту без агрохімікатів.

Схожість та вологість насіння також зменшувалися в міру обмолочування і на період вивантаження з бункера відповідно знизилась на 7–7,3 % та 0,5–2,1 %.

Необхідно також зазначити, що, у зв'язку з більшою забур'яненістю с. Клич та погодними умовами району вирощування, вологість зернового вороху на період збирання становила на корені 21,4 % , а с. Верхняцьке 32–15,6 %. Травмування насіння під час збирання та пошкодження його мікроорганізмами також негативно вплинули на вагу 1000 насінин та його натуру, тобто зменшення спостерігалось у с. Верхняцьке 32 в межах 2,7 % на період завершення обмолочування, с. Клич – на 1,6 %, а зменшення натури відповідно становило 50 та 38 г/літр.

Показники якості насіння озимого жита, чистота, схожість, вологість, маса і натура після вивантаження з автомобіля також мали тенденцію до зниження, що, безумовно, у подальшому матиме вплив на польову схожість. Результати експериментальних досліджень, проведених у різних ґрунтово-кліматичних районах країни із використанням різних технічних засобів та технологій на різних сортах озимої пшениці, жита, показали, що зернівки отримують суттєві травмування в різних варіантах та на різних стадіях технологічних процесів збирання.

Кількість та активність розвитку мікроорганізмів залежить від характеру та сили механічних травмувань, від погодно-кліматичних умов району, вирощування і збирання.

Дані досліджень показують також взаємозв'язок травмування та пошкодження мікроорганізмами і пряму дію цих явищ на погіршення якісних показників озимої пшениці та жита.

4.2. Результати досліджень впливу параметрів і режимів роботи зерноочисного насіннєвого заводу «Petkus» на травмування та якість насіння

Результати виробничо-лабораторних досліджень травмування насіння озимої пшениці під час післязбирального оброблення на насіннеочисному заводі «Petkus» в середньому за п'ять років (2009–2013 рр.) показують, що після вивантаження з автомобіля макротравмованого зерна в зерноочисному воросі містилося 5,8 %, а мікротравми всього становили 60,20 %, узагальнений показник при цьому дорівнював 26,68 % (табл. 4. 12).

У процесі проходження технологічного процесу очищення кількість макротравмувань зменшилася до 1,8 %, тобто розбиті зернівки, проходячи через комплекс очисних машин, відділилися від зернової маси.

Кількість зернівок із вибитим зародком до завершення очистки суттєво не змінилася і після пневмостола становила 3,2 %, а пошкодження зародка, тобто його травмування, зросло на 2,0 %, із травмуванням інших частин зернівки на цій стадії було травмовано 68,0 % насіння, що більше на 6,0 %, і узагальнений показник травмування зріс на 5,67 %.

Аналіз мікротравмування насіння на всіх стадіях під час очистки показує, що загальна кількість травм постійно зростала при проходженні через інші насіннеочисні машини та механізми і після пневмостола залишалося всього 22,0 % нетравмованого насіння, а загальний показник становив 38,54 %, тобто збільшився на 11,86 %, що негативно позначиться на якісних показниках насіння.

Під час очищення насіння пшениці відбувалося поступове зменшення кількості зернівок, пошкоджених мікроорганізмами, що можна пояснити відбиранням більш вологого, засміченого та забур'яненого складу компонентів зернової маси, і як результат – це мало вплив на загальне зменшення пошкоджень (табл. 4.13).

Але, незважаючи на певне зниження загальної кількості мікроорганізмів (фузаріозу на 6,6 %, гелмінтоспоріозу на 5,0 %, септоріозу на 3,4 % та альтернаріозу на 2,9 %), значна частина їх усе ж залишалася на поверхні очищеного насіння, а щодо пліснявих грибків – то вони в цей період також з'являлись і залишались до кінця очищення.

Таблиця 4.12

Травмування насіння озимої пшениці під час післязбирального оброблення на насінноочисному заводі «Petkus» (середнє за 2009–2013 рр.)

Господарство	Сорт	Стадії дослідження	Макротравми, %	Мікротравми, %				
				зародка		всього травм	без пошкоджень	Узагальнений показник травм
				вибитий	пошкоджений			
ПСП «Україна» Житомирської області	Актер	після вивантаження з автомобіля	5,8	3,4	5,4	60,20	39,80	26,68
		в завантажувальній ямі	5,6	4,6	5,6	62,80	37,20	27,87
		після У-12	4,6	3,6	5,8	67,20	32,80	29,25
		перед У-15	4,2	3,6	6,0	68,00	32,00	29,94
		після У-15	3,2	3,4	6,4	68,00	32,00	31,79
		вхід у трієр	3,2	3,8	6,4	69,80	30,20	31,85
		після трієра	2,6	4,0	7,8	66,80	23,20	35,52
		вхід у пневмостіл	2,6	4,0	7,8	66,80	23,20	36,05
		після пневмостола	1,8	3,2	7,6	68,00	22,00	38,54

Навіть якщо припустити, що у процесі очищення було максимально відібрано найбільш травмоване та пошкоджене шкідниками насіння, то варто зауважити, що після очищення все ж залишилася ще значна його кількість, що, безумовно, буде вкрай негативно впливати на якість насіння, а за несприятливого та тривалого зберігання насіння буде втрачати схожість і погіршувати інші показники якості, зокрема витрачаючи при цьому поживні речовини, а це, як наслідок, негативно вплине на польову схожість та майбутній ріст і розвиток культури.

Вплив травмування та шкідливої ролі мікроорганізмів на якість насіння озимої пшениці під час післязбирального обробітку на насіннеочисному заводі «Petkus» наведено в таблиці 4.12, 4.13, 4.14.

Отримані дані свідчать про те, що чистота насіння зросла на 2,7 %, кількість насіння бур'янів різко зменшилася і після пневмостола їх залишилось всього 4 шт/кг. Як наслідок, покращилася схожість (на 11,02 %), зменшилася вологість насіння (на 1,5 %), а також відбулося зниження склоподібності (на 6 %), (табл. 14). Маса насіння і його натура покращилися, відповідно, на 2,12 грама і 35 г/літр. Внаслідок очищення насіння спостерігається збільшення кількості білка на 0,74 %, а сирого клейковини – на 2,22 %.

Таким чином, отримані результати досліджень показують, що збільшення мікротравмування насіння та пошкодження його мікроорганізмами спричинює погіршення якості насіння, а зменшення засміченості, вологості позитивно впливає на зростання маси і натури насіння та, особливо, надзвичайно важливого головного показника якості – його схожості.

А тому, на стадії очищення зернового вороху і підготовлення насіння, дуже важливо застосовувати, з одного боку, принцип мінімального впливу на зернівку різних механічних навантажень, а з іншого – досягати якомога швидшого виділення із загального зернового вороху подрібненого, травмованого, біологічно недозрілого і неповноцінного зерна, сирого насіння бур'янів, вологих грудочок, пилу та інших різних органічних і мінеральних вологих засмічувачів.

Таблиця 4.13

Пошкодження мікроорганізмами озимої пшениці під час оброблення на насіннєочисному заводі «Petkus»

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Фузаріоз, %	Гельмінто- споріоз, %	Септоріоз, %	Альтернаріоз, %	Плісняві грибки, %
ПСП «Україна» Житомирської області	Актер	після вивантаження з автомобіля	16,2	14,4	11,0	3,1	-
		в завантажувальній ямі	20,6	17,4	13,2	1,4	Сл.
		після У-12	17,8	16,4	12,2	1,2	Сл.
		після У-15	17,0	16,0	12,2	1,2	Сл.
		вхід у трієр	14,8	13,8	10,4	0,8	Сл.
		після трієра	13,0	12,2	8,6	0,4	Сл.
		вхід на пневмостіл	10,6	10,2	8,4	0,4	Сл.
		вихід з пневмостола	9,6	9,4	6,6	0,2	Сл.

Таблиця 4.14

**Вплив травмування на якість насіння пшениці під час післязбирального оброблення
на насіннєочисному заводі «Petkus»**

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Чистота, %	Насіння бур'янів, шт/кг	Схожість, %	Вологість, %	Маса 1000 насінин, г	Натура, г/літр	Склоподібність, %	Білок, %	Сира клейковина, %
ПСП «Україна» Житомирської області	Актер	після вивантаження з автомобіля	96,0	325	89,9	16,3	46,4	700	49	14,25	24,45
		в завантажувальній ямі	96,2	314	88,9	16,0	45,6	697	46	14,40	25,02
		після У-12	93,4	243	86,6	15,2	45,9	707	45	14,50	25,28
		після У-15	94,9	142	88,8	15,1	45,9	713	44	14,64	25,58
		вхід в трієр	95,7	119	89,4	15,0	46,5	714	44	14,64	25,86
		після трієра	97,1	50	91,1	14,9	46,8	723	42	14,84	26,54
		вхід на пневмостіл	97,1	49	92,0	14,8	47,5	724	42	14,84	26,78
		вихід з пневмостола	98,9	4	96,0	14	5	732	40	15,14	27,24

4.3. Травмування насіння при його обробленні на вібровідцентровому сепараторі та інших насіннєочисних машинах і експериментальних обладнаннях

Дослідження впливу технологічного процесу на травмування і якість підготовлення насіння озимої пшениці проводилися в СВК «Маяк» на вібровідцентровому сепараторі БЦСМ-25 та зерноочисній машині ОВС-25.

Травмування насіння пшениці при післязбиральному обробленні зернового вороху на вібровідцентрових зерноочисних машинах наведено в таблиці 4.15.

Одержані результати досліджень показують, що макротравми при поступленні зернового вороху на очистку отримали зернівки в кількості 9,4 %, а з часом протікання технологічного процесу їх кількість зменшилася до 5 %, тобто побите та подрібнене зерно відібралося.

Подібна тенденція спостерігалась і на інших ділянках проведення досліджень з тією різницею, що після обмолочування роторним комбайном показник травмування був значно меншим і, відповідно, перебував у межах 3,2 та 2,0 %, тобто майже в три рази менше, порівнюючи з барабанним молотильним апаратом.

Що стосується мікротравм, то тут різні види травм мають різні величини, тобто як зростання, так і зменшення, але загальна кількість отриманих мікротравм постійно збільшувалась.

Так, при збиранні комбайном барабанного типу при поступленні на очищення с. Одеська 237 всього травмованих зернівок було 61,2 %, а після очистки цей показник становив 76,2 %, або зріс на 5,0 %, і без пошкоджень на цій стадії залишилося 23,8 % насіння.

А при обмолочуванні с. Миронівська 65 таким же комбайном ці показники, відповідно, становили 59,4 % та 66,6 %, збільшення становило 7,2 %, без пошкоджень залишалося 33,4 %. Таким чином, загальна кількість травмованого насіння цього сорту була меншою, у порівнянні з попереднім сортом.

Таблиця 4.15

**Травмування насіння озимої пшениці при післязбиральному обробленні на вібровідцентрових
та інших зерноочисних машинах (середнє за 2009–2013 рр.)**

Господар- ство	Сорт машини	Стадії досліджень	Мікро- травми, %	Мікротравми, %				
				зародка		всьо- го травм	без пошкод- жень	узагальнений показник травм
				виби- тий	пошкод- жений			
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомир- ської області (барабан)	Миронів- ська 65 СВС-25	Після вивантаження з автомобіля	6,8	5,6	5,8	57,6	42,4	30,96
		На очистку	6,8	5,6	6,0	59,4	40,6	31,10
		Після очистки	5,0	4,4	6,0	67,4	32,6	31,94
		Поступлення на 2-ге очищення	5,0	4,2	6,0	68,0	32,0	32,39
		Після очистки	3,4	3,6	5,4	63,6	36,4	33,24
		Завантаження на зберігання	3,6	3,6	5,6	66,6	33,4	34,78
СВК «Маяк» Вінницької області (ротор)	Одеська 237 БЦСМ- 25	Після вивантаження з автомобіля	3,2	2,4	3,0	33,0	67,0	16,37
		На очистку	3,2	2,6	3,0	35,2	64,8	17,47
		Після очистки	3,0	3,2	3,4	44,6	55,4	21,63
		Поступлення на 2-ге очищення	3,0	3,2	3,4	47,0	53,0	22,57
		Після очистки	2,0	3,4	3,0	51,6	48,4	24,61
		Завантаження на зберігання	2,0	3,4	3,2	52,0	48,0	24,92
СВК «Маяк» Вінницької області (барабан)	Одеська 237 БЦСМ- 25	Після вивантаження з автомобіля	9,4	7,0	9,4	60,0	40,0	37,91
		На очистку	9,4	8,0	9,2	61,2	38,8	38,50
		Після очистки	6,6	8,0	8,6	69,6	30,4	39,93
		Поступлення на 2-ге очищення	6,4	7,6	7,0	72,2	27,8	39,95
		Після очистки	5,0	5,4	10,0	76,2	23,8	40,50
		Завантаження на зберігання	5,0	5,3	9,8	76,3	23,7	41,05

Як видно з результатів досліджень (табл. 4.15), після комбайна роторного типу на очистку потрапило 35,2 % травмованого насіння, на 26,0 % менше, ніж цього ж сорту, але після барабанного обмолочування, а після оброблення цей показник становив 51,6 %, або на 24,6 % менше. Тобто загальне зростання травмування становило 18,6 %, а нетравмованого насіння залишалося 48,4 %, що становить менше половини насіннєвої маси.

У зв'язку з тим, що зростала загальна кількість травм, узагальнений показник травмування насіння пшениці у процесі проходження технологічного процесу очищення також збільшувався і після збирання комбайнами барабанного типу кількість була більшою, а роторними – відповідно меншою.

Пошкодження мікроорганізмами насіння пшениці під час технологічного процесу післязбирального оброблення наведені в таблиці 4.16. Ці дані свідчать про те, що зараження фузаріозом після очистки зменшилося на 9,6 %, гелмітоспоріозом – на 8,8 %, септоріозом – на 1,8 %, альтернаріозом – на 1,0 %, а плісняві грибки були наявними протягом усього періоду виконання робіт.

Зменшення загальної кількості пошкодження, напевно, можна пояснити видаленням вологих засмічувачів і, особливо, сирого насіння бур'янів під час очищення зернового вороху. Суттєвої різниці у пошкодженні насіння різних сортів у різних господарствах також не спостерігалось.

Дані про вплив на якість насіння пшениці травмування та пошкодження мікроорганізмами, згідно з проведеними дослідженнями, наведені в таблицях 4.16, 4.17, звідки можна зробити висновок, що найкращої чистоти насіння досягнуто після роторного комбайна, коли цей показник був більшим на 4,1 %.

Кількість насіння бур'янів також значно зменшувалася у процесі очищення і в кінці виконання робіт суттєвої різниці не спостерігалось, а залишалося 5–7 шт. на кг маси. Однак на початку післязбиральної доробки зернового вороху наявність сирого насіння бур'янів мала значне розходження, яке становило різницю у кількості 100 шт/кг, тобто забур'яненість с. Миронівська 65 була значно вищою, у порівнянні з іншими ділянками вирощування пшениці.

Таблиця 4.16

**Пошкодження мікроорганізмами насіння озимої пшениці під час післязбирального оброблення
на вібровідцентрових зерноочисних машинах (2009–2013 рр.)**

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Фуза- ріоз, %	Гельмінто- споріоз, %	Септо- ріоз, %	Альтерна- ріоз, %	Плісняві грибки, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирсь- кої області	Миронівська 65 СВС-25	П. вивантаження з автомобіля	28,0	16,2	4,0	2,2	-
		На очистку	28,2	22,6	4,2	2,4	Сл.
		Після очистки	22,8	16,2	3,4	1,6	Сл.
		Поступлення на 2-ге очищення	22,2	15,6	3,2	1,6	Сл.
		Після очистки	18,6	13,8	2,4	1,4	Сл.
		Завантаження на зберігання	18,0	13,5	2,2	1,2	Сл.
СВК «Маяк» Вінницької області (ротор)	Одеська 237 БЦСМ-25	П. вивантаження з автомобіля	28,2	23,8	17,2	10,8	-
		На очистку	29,2	25,0	18,0	11,2	Сл.
		Після очистки	18,4	15,8	8,2	5,4	Сл.

Закінчення таблиці 1.16

1	2	3	4	5	6	7	8
СВК «Маяк» Вінницької області (барабан)		Поступлення на 2-ге очищення	16,2	13,2	7,4	4,2	Сл.
		Після очистки	7,2	5,0	2,6	1,6	Сл.
		Завантаження на зберігання	7,0	5,0	2,4	1,4	Сл.
	Одеська 237 БЦСМ-25	Після вивантаження з автомобіля	28,0	16,2	4,0	2,2	-
		На очистку	28,2	22,6	4,2	2,4	Сл.
		Після очистки	22,8	16,2	3,4	1,6	Сл.
		Поступлення на 2-ге очищення	22,2	15,6	3,2	1,6	Сл.
		Після очистки	18,6	13,8	2,4	1,4	Сл.
		Завантаження на зберігання	18,3	13,5	2,2	1,2	Сл.

Таблиця 4.17

**Вплив травмування на якість насіння озимої пшениці під час післязбирального оброблення на
вібровідцентрованих та інших зерноочисних машинах**

Господар- ство	Сорт	Стадії досліджень	Чисто- та, %	Насіння бур'янів, шт/кг	Схо- жість, %	Воло- гість, %	Маса 1000 насі- нин, г	Натура, г/літр	Скло- подіб- ність, %	Білок, %	Сира клейко- вина, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомир- ської області	Миронівська 65 СВС-25	З автомобіля	94,5	282	91,4	14,5	42,3	724	71,6	14,72	24,68
		На очистку	94,3	273	91,3	14,4	42,1	422	71,0	14,76	24,78
		Після очистки	95,2	134	92,9	14,4	42,9	736	68,6	15,08	25,12
		Поступлення на 2-ге очищення	95,3	129	93,0	14,0	42,9	738	68,4	15,04	25,08
		Після очистки	97,2	9	93,9	13,7	43,9	752	65,6	15,48	25,34
		Завантаження п. вивантажен- ня на збері- гання	97,4	7	94,2	13,7	44,1	757	63,8	15,68	25,54

Закінчення таблиці 4.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СВК «Маяк» Вінницької області (ротор)	Одеська 237 БЦСМ-25	П. вивантажен- ня з автомобіля	96,9	321	95,9	16,7	46,8	749	42,4	14,7	27,48
		На очистку	96,8	303	95,8	16,8	46,6	746	40,2	14,7	27,46
		Після очистки	97,7	115	97,1	16,0	47,0	758	37,4	15,0	27,54
		Поступлення на 2-ге очищення	97,7	110	97,1	15,6	47,6	769	36,0	15,4	27,56
		Після очистки	97,8	7	98,1	15,6	47,6	769	36,0	15,4	27,62
		Завантаження на зберігання	98,4	5	98,2	15,4	47,8	770	35,7	15,4	27,60
		П. вивантажен- ня з автомобіля	91,1	390	84,6	13,7	43,5	728	73,4	15,2	26,7
СВК «Маяк» Вінницької області (барабан)	Одеська 237 БЦСМ-25	На очистку	88,3	387	84,2	13,9	43,1	727	72,6	14,9	26,7
		Після очистки	90,2	245	84,9	13,5	43,6	736	71,6	15,2	27,1
		Поступлення на 2-ге очищення	91,0	188	85,1	13,3	44,0	738	71,0	15,2	27,3
		Після очистки	93,7	60	86,7	12,8	44,5	747	70,4	15,4	27,7
		Завантаження на зберігання	94,0	55	87,0	12,6	44,5	750	70,2	15,4	27,7

Найкращі показники схожості насіння спостерігаються при збиранні роторним комбайном, вони після очищення становили 98,1 %, що на 4,2 % та 11,4 % краще у порівнянні з іншими варіантами досліджень.

Під час виробничо-технологічного процесу очищення показник схожості насіння мав постійну тенденцію до покращення і за цей період збільшився більше як на 2 %. Це свідчить про те, що, навіть під час незначного зберігання насіння в неочищеному стані, суттєво погіршується його схожість, що підтверджує і практичний досвід.

У міру протікання процесу очищення насіння, на всіх варіантах досліджень спостерігається зменшення вологості зернівок, і у переважній кількості вони перебувають у межах стандартних вимог або значно наближаються до них.

Натура зерна та маса 1000 насінин також покращувалися у процесі очищення, і на всіх варіантах досліджень спостерігалася стабільна тенденція до покращення цих показників. Під час виконання робіт післязбирального оброблення насіння спостерігається незначне зменшення склоподібності зернівок, у межах 2,2–5,4 %.

На всіх стадіях досліджень під час підготовлення насіння спостерігалася незначне збільшення кількості білка в зернівках – у межах 0,50–0,72 %, та сировини клейковини – 0,16–1,00 %. Тобто можна впевнено відзначити, що післязбиральне оброблення насіння сприяє значному покращенню його якісних показників, які відіграють позитивну роль у формуванні майбутнього врожаю озимої пшениці.

Результати досліджень травмування насіння озимого жита під час післязбирального оброблення наведені в таблиці 4.18, і свідчать про те, що макротравмованих зернівок жита при потраплянні на очистку було в межах 6,8–8,0 %, а після очищення цей показник знизився до 3,4–3,8 %, тобто кількість битого та подрібненого насіння зменшилася у процесі очищення в два рази у результаті його виділення із насіннєвої фракції.

Під час післязбирального оброблення насіння жита спостерігається значне мікротравмування зародка робочими елементами технологічних пристроїв, що, насамперед, пояснюється особливостями його розташування (видовження і

виходження за межі ендосперму зернівки), цей факт стає причиною значних механічних впливів.

За даними таблиці видно, що при надходженні на очистку, пошкодження зародка становило 11,2 %, а вибитих – 3,4 %, тоді як після очищення ці показники становили 17,8 % та 3,0 %. Пошкодження, як після першого, так і після другого разу, були в межах 3,0 і 3,8 %. При проходженні на очистку першого разу вибитих зародків було 3,4 %, а після другого – 3,0 %. Спостерігається також стабільна тенденція зростання загальної кількості всіх видів травм: при надходженні на очистку їх було 75,9 %, а після очищення цей показник збільшився до 88,8 %, тобто зріс на 12,9 %.

Всього нетравмованого насіння жита після очищення залишилося 11,2 %, а узагальнений показник всіх видів травм зріс до 49,28 %, що на 10,11 % більше. Ці дані свідчать про те, що чим довший шлях проходження насіння під час обмолочування та післязбирального підготування через машини та механізми технологічних ліній, тим більше воно отримує травмувань. Необхідно відзначити також, що зернівки жита травмуються більше, ніж насіння пшениці, адже після її очищення нетравмованого насіння залишилося понад 23 %, тоді як у даних дослідженнях стосовно жита цей показник становить 11 %, тобто у два рази менше.

На всіх стадіях виконання операцій підготування насіння жита після обмолочування та очищення на зерноочисних вібросепараторах спостерігається пошкодження зернівок мікроорганізмами, про що свідчать дані таблиці 4.19. Вони показують, що при потраплянні на очищення насіння жита було пошкоджене фузаріозом 56,6 %, а після очищення його кількість зменшилася до 17,2 %, тобто різниця 39,4 %, а гельмінтоспоріозом зменшення становило 15,6 %, септоріозом, відповідно, 10,0 %, альтернаріозом 5,2 %, тоді як наявність пліснявих грибків зберігалася на всіх стадіях оброблення. Отже, спостерігається тенденція до зменшення кількості зараженого насіння шкідниками протягом усього технологічного процесу очищення внаслідок відокремлення значної частини пошкоджених і заражених зернівок і всієї маси насіння.

Таблиця 4.18

**Травмування насіння озимого жита під час післязбирального оброблення на вібровідцентрових
та інших зерноочисних машинах**

Господарство	Очисні машини	Сорт	Стадії дослідження	Макро-травми, %	Мікротравми, %				
					зародка		всього травм	без пошкоджень	узагальнений показник травм
					вибитий	пошкоджений			
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	СВС-25	Верхня-цьке-32	Поступлення на очистку	8,0	3,4	11,2	75,9	24,1	39,17
			Після очистки	8,0	3,4	14,2	81,4	18,6	43,76
			Поступлення на 2-ге очищення	7,6	3,2	14,0	82,8	17,2	46,26
			Після очистки	3,8	3,0	17,8	88,8	11,2	49,28
			Завантаження на зберігання	3,8	3,0	18,4	91,2	9,8	50,77
ТОВ «Галекс – Агро» Житомирської області	БЦСМ-50	Клич	Поступлення на очистку	6,8	5,6	10,2	74,4	25,6	42,24
			Після очистки	5,2	4,2	11,8	74,2	25,8	42,59
			Поступлення на 2-ге очищення	5,4	4,0	12,4	75,6	24,4	45,82
			Після очистки	3,4	4,0	14,4	78,6	21,4	46,48
			Завантаження на зберігання	3,3	4,0	14,7	82,0	18,0	47,25

Таблиця 4.19

Пошкодження мікроорганізмами озимого жита під час післязбирального оброблення

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Фузаріоз, %	Гельміто-споріоз, %	Септоріоз, %	Альтернаріоз, %	Плісняві грибки, %
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Верхняцьке 32	Поступлення на очистку	56,6	22,8	25,6	7,8	Сл.
		Після очистки	45,0	14,2	19,4	6,4	Сл.
		Поступлення на 2-ге очищення	37,4	13,0	17,2	5,4	Сл.
		Після очистки	17,2	7,2	15,6	2,6	Сл.
		Завантаження на зберігання	13,8	5,6	9,6	5,5	Сл.
ТОВ «Галекс – Агро» Житомирської області	Клич	Поступлення на очистку	51,2	26,0	27,8	9,4	
		Після очистки	36,6	18,2	18,0	7,4	Сл.
		Поступлення на 2-ге очищення	34,6	17,0	15,6	6,8	Сл.
		Після очистки	17,2	8,4	7,6	3,8	Сл.
		Завантаження на зберігання	17,0	8,2	7,4	2,6	Сл.

Результати впливу травмування та зараження мікроорганізмами насіння жита на якісні показники в ґрунтово-кліматичній зоні Полісся наведено в таблицях 4.19, 4.20. Аналіз цих даних показує, що у міру протікання процесу очищення значно покращується чистота насіння, яка при поступленні становила 90,9 і 87,8 %, а після очистки зросла до 94,2 та 95,3 %, тобто збільшилася на 3,3 та 7,7 %.

Кількість насіння бур'янів у шт/кг маси також зменшується під час очищення із 138 та 770 шт/кг до 10 і 97 шт/кг. Необхідно пояснити, що наявність значно більшої кількості бур'янів (більше як у 5 разів у с. Клич) пов'язане з тим, що ця культура в господарстві вирощується виключно на екологічно чистій основі, тобто без застосування будь-яких хімічних препаратів: гербіцидів, мінералів, протруйників тощо.

Отримані дані свідчать і про те, що схожість насіння у процесі очищення також стабільно покращується, і якщо на початку її значення були в межах 82,7 і 85,9 %, то після очищення вона змінилася до 89,1 та 92,1 %, тобто зросла на 6,4 % та 6,2 %.

Вологість насіння також зменшувалася до стандартних величин, тобто до 13,9 %, а с. Клич, у зв'язку із забрудненням сирим насінням бур'янів та іншими вологими засмічувачами, знизилася, до 17,5, або на 2,1 %. Натура зерна і маса тисячі насінин також зростала у міру проходження процесу очищення, відповідно, до 38,0 грам та 64,9 г/літр, або на 2,9 г та 36 г/літр.

Таким чином, можна відзначити, що насіння озимого жита від впливу елементів технологічних ліній зазнає більших травмувань, ніж пшениці, а в результаті цього також відбувається і пошкодження мікроорганізмами, що негативно впливає на показники якості. Та, внаслідок післязбиральної підготовки насіння, його якість значно покращується і досягає стандартних значень.

Дані таблиці засвідчують нам те, що після поступлення зернового вороху озимої пшениці на тік, у ньому містилося 58,2 % травмованих зернівок, тобто більше половини, а узагальнений показник травм становив майже 39 %.

Таблиця 4.20

**Вплив травмування на якість насіння озимого жита при післязбиральному обробленні
на вібровідцентрових та інших зерноочисних машинах**

Господарство	Очисні машини	Сорт	Стадії досліджень	Чистота, %	Насіння бур'янів, шт./ кг	Схожість, %	Вологість, %	Маса 1000 насінин, грам	Натура, г/літр
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	СВС-25	Вехняцьке-32	Поступлення на очистку	90,9	138	82,7	15,0	35,1	615
			Після очистки	62,3	50	85,7	14,3	37,1	638
			Поступлення на 2-ге очищення	92,4	49	85,6	14,4	37,1	633
			Після очистки	94,2	10	89,1	13,9	38,0	649
			Завантаження на зберігання	95,8	9	89,1	13,8	37,5	652
ТОВ «Галекс – Агро» Житомирської області	БЦСМ-50	Клич	Поступлення на очистку	87,8	770	85,9	19,6	28,4	591
			Після очистки	91,1	698	88,1	18,9	28,9	602
			Поступлення на 2-ге очищення	91,3	665	88,6	18,7	28,9	605
			Після очистки	95,5	97	92,1	17,5	29,3	614
			Завантаження на зберігання	95,7	89	92,2	17,4	29,6	615

Травмування насіння на експериментальному вібровідцентровому сепараторі та експериментальній лабораторній вібровідцентровій установці типу БЦСМ (ЛУ-1)

Вібровідцентрові сепаратори типу БЦС (модифікації БЦСМ-25, БЦСМ-50, БЦСМ-100, СВС-5, СВС-15, СВС-25) мають загальний принцип роботи: головний сепаруючий елемент – вібровідцентровий сепаруючий блок.

При проходженні очищення насіння пшениці на експериментальній віброочисній машині (табл. 4.21) травмування його знизилося на 7,9 %, а жита – на 18,9 %, відповідно до виробничих зразків ці показники ще значно позитивніші.

Таким чином, даний вібросепаратор, який отримав конструкторські вдосконалення, забезпечує зниження травмування насіння, що, безумовно, впливає на покращення його якісних показників (табл. 4.21).

Результати таблиці 4.22 показують, що підготовка насіння на експериментальній лабораторній установці забезпечує зниження травмування зернівок пшениці на 8,4 % до початкового стану, а жита – на 11,8 % та суттєву різницю відповідно до виробничих машин загального призначення.

Тобто конструкційні вдосконалення експериментальної машини, а також лабораторної установки забезпечують суттєве зниження травмування насіння і покращення його якості, що сприятиме зростанню урожайності та ефективності їх роботи.

Для дослідження можливого впливу розкидача насіння в пневмосепаруючому пристрої, на його травмування виготовлено експериментально-дослідний зразок пристрою з розкидачем насіння.

Дані таблиці 4.21 свідчать про те, що кількість травмованого насіння озимої пшениці, з часу потрапляння на очищення і до його завершення на експериментальному віброочисному сепараторі, збільшилася на 1,4 %, а на серійній машині у виробничих умовах – на 10,2 %, тобто на

експериментальному зменшилася у 7,3 раза, або на 86,3 %. Узагальнений показник травмування при цьому зріс на 0,29 %.

Результати таблиці 4.22 свідчать, що інтенсивність травмування озимого жита дещо вища, ніж пшениці і становить 2,2 %, а на серійній машині у виробничих умовах, відповідно, 12,9 %, тобто у 5,9 раза менша, або на 82,95 %.

Узагальнений показник травмування зернівок озимого жита зріс на 1,95 %.

Отже, підготовлення насіння озимих зернових культур на модернізованих вібровідцентрових насіннеочисних машинах із застосуванням нових конструкцій їх робочих елементів забезпечує значне зниження травмування, а значить – сприяє отриманню високоякісного насіннєвого матеріалу, що забезпечить зростання урожайності зернових культур та їх валових зборів.

Результати дослідження травмування насіння озимих зернових культур на експериментальній лабораторній установці (табл. 4.22) показують, що відбувається суттєве адекватне зниження пошкодження зернівок, як і на експериментальній зерноочисній машині, що позитивно впливатиме на показники якості насіння.

Таким чином, на основі експериментальних і виробничих досліджень можна зробити узагальнений висновок, що запровадження конструкційних рішень робочих елементів зерноочисного вібросепаратора типу БЦСМ надзвичайно суттєво впливає на зниження травмування зернівок, у зв'язку з чим значно покращується якість насіння, що забезпечить зростання урожайності та валових зборів зернових культур.

Вплив післязбирального оброблення зернового вороху зерноочисними машинами ЗАВ-20, СМ-4,0, ОВП-20 на травмування зернівок та пошкодження мікроорганізмами

Результати досліджень очищення зернового вороху та підготовлення насіння різними зерноочисними машинами на сільськогосподарських підприємствах показують вплив різних робочих складових технологічних елементів на травмування зернівок (табл. 4.23).

Таблиця 4.21

**Травмування насіння озимої пшениці та жита при післязбиральному очищенні
на експериментальному вібровідцентровому сепараторі**

Госпо- дарство	Сорт	Стадії досліджень	Мак- ро- трав- ми, %	Мікротравми, %								
				зародка		ендо- спер- му	обо- лонок зарод- ка	оболо- нок ендо- сперму	оболо- нок зародка і ендо- сперму	всього травм	без пошкод- жень	уза- галь- нений показ- ник
				виби- тий	пошко- джений							
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Миронівська 65	Після автомобіля	6,2	5,7	6,0	6,2	11,3	15,6	13,4	58,2	41,8	29,75
		На очистку	6,3	5,8	6,1	7,1	11,5	15,0	13,3	58,8	41,2	30,85
		Після очистки	4,05	4,0	5,5	8,2	12,4	13,3	15,2	59,2	40,8	31,00
		На 2-у очистку	4,1	4,0	5,5	8,5	12,7	13,1	15,3	59,4	40,6	31,05
		Після очистки	2,0	2,5	5,7	8,9	12,8	12,9	16,0	59,6	40,4	31,14
		Після завантаження на зберігання	2,3	2,5	6,0	9,0	12,9	14,2	16,5	61,9	38,1	33,75
	Верхняцьке-32	Після автомобіля	7,0	3,7	9,8	11,4	12,7	22,9	16,5	77,5	22,5	36,44
		На очистку	7,0	3,6	10,0	11,6	12,8	22,5	16,8	78,1	21,9	37,15
		Після очистки	5,7	2,4	8,1	9,2	10,2	25,4	17,5	79,3	20,7	37,70
		На 2-у очистку	6,0	2,4	8,1	10,4	11,1	25,6	15,4	79,9	20,1	38,15
		Після очистки	4,0	2,0	9,6	11,1	11,5	25,3	16,6	80,3	19,7	39,10
		Після завантаження на зберігання	4,2	2,0	10,1	12,2	12,0	26,7	16,3	81,9	18,1	43,95

Таблиця 4.22

**Травмування насіння озимої пшениці та жита при післязбиральному очищенні
на експериментальній лабораторній вібровідцентровій установці типу БЦСМ**

Сорт	Стадії досліджень	Мак - ро- трав- ми, %	Мікротравми, %								
			Зародка		Ендо- спер- му	Обо- лонок зарод- ка	Оболо- нок ендо- сперму	Оболо- нок зародка і ендо- сперму	Всьо- го травм	Без пошко- джень	Узагаль- нений показник
			виби- тий	пошко- джений							
Озима пшениця Миронівська 65	Після автомобіля	5,0	5,8	6,0	6,0	11,0	18,2	13,0	60,2	39,8	31,45
	На очистку	5,1	5,5	6,0	7,0	11,0	17,0	13,0	60,7	39,3	31,75
	Після очистки	3,95	4,0	5,0	8,0	12,2	16,5	15,4	61,1	38,9	31,95
	На 2-у очистку	4,0	4,0	5,2	8,3	13,4	15,7	14,9	61,5	38,5	32,20
	Після очистки	2,0	1,8	5,8	8,8	13,6	14,8	15,8	62,0	38,0	32,45
	На зберігання	2,2	2,0	6,0	9,0	12,9	16,8	16,6	63,8	36,2	33,95
Озиме жито Верхняцьке 32	Після автомобіля	6,3	7,2	10,0	11,0	12,5	19,5	16,1	76,3	23,7	38,85
	На очистку	6,5	7,4	10,2	11,0	12,5	20,5	16,6	77,2	22,8	39,20
	Після очистки	4,2	5,3	7,5	9,0	13,1	23,2	15,5	78,8	21,2	42,90
	На 2-у очистку	4,3	5,5	7,7	10,0	14,1	23,2	15,3	79,2	20,2	42,40
	Після очистки	3,5	3,5	8,6	11,0	14,1	24,5	15,8	80,8	19,2	43,70
	На зберігання	3,7	3,7	9,3	12,0	14,0	24,6	17,3	83,1	16,9	46,15

Отримані дані свідчать, що на момент потрапляння насіння на очистку кількість макротравм становила 5 % та 3,2 %, а після очистки цей показник знизився до 0,8 % та 1,8 %. Макротравмування відбувалося в напрямку зниження вибивання зародка, кількість якого на кінець очищення зменшилася на 1,6 % та 1,8 %, тобто суттєвої різниці не спостерігається.

Пошкодження зародка, у міру проходження технологічних стадій підготовки насіння на машині ОВП-20, збільшилося на 1,2 %, а при очищенні іншими машинами залишилося майже без змін на рівні 8,2 %.

Однак загальна кількість усіх видів травм значно збільшилася на кінець очистки і становила 84,2 % та 52,2 %, що на 15,6 % та 11,8 більше, ніж при надходженні на очищення. Слід зазначити, що при подовженні шляху проходження насінням через зерноочисні машини кількість травмованих зернівок зросла на 3,4 %.

Без пошкоджень, тобто нетравмованого насіння пшениці після очищення, як свідчать дані досліджень, залишалось 15,6 % та 47,8 %. Відповідно, узагальнений показник становив 45,39 % і зріс на 3,98 %, а на другому підприємстві, відповідно, 22,26 %, або на 2,09 % більше. Зараження мікроорганізмами насіння пшениці у господарствах у міру проходження технологічного процесу очищення зменшувалося: фузаріозом – на 16,2 % та 10,0 %, гельмінтоспоріозом – на 9,6 % та 15,2 %, септоріозом – на 10,2 % та 11,2 %, зараження альтернаріозом с. Перлина Лісостепу не відбулося, а с. Актер знизилася кількість шкідників на 2,6 % (табл. 4.24).

Плісняві грибки були присутні на зернівках під час усього процесу очищення у мінімальній кількості, але слід враховувати, що від початку обмолочування і завершення очищення проходило всього дві–три доби.

Вплив травмування та зараження мікроорганізмами на якісні показники насіння наведені в таблиці 4.25, аналіз результатів даних якої показує, що у міру проходження стадій очищення чистота насіння зросла до 97,8 % та 98,2 %, або на 4,7 % та 1,8 %.

Таблиця 4.23

Травмування насіння озимої пшениці при обробленні насіннєочисними машинами

Господар-ство	Очисні маши-ни	Сорт	Стадії дослідження	Макро-травми, %	Мікротравми, %				
					зародка		всього травм	без пошкод-жень	узагальнений показник травм
					вибитий	пошкоджений			
СФГ «Стецівське» Черкаської області	ЗАВ-20 СМ-4А	Перлина Лісостепу	Після автомобіля	5,0	5,4	7,6	66,6	33,4	39,20
			На очистку	5,0	5,8	8,4	68,8	31,2	41,41
			Після очистки	3,8	4,4	8,6	76,6	23,4	41,34
			На 2-ге очищення	3,8	4,2	8,6	77,0	23,0	42,30
			Після очистки	2,4	4,2	10,0	81,8	18,2	43,63
			На СМ-4,5	2,0	4,0	10,0	82,2	17,8	44,72
			Після очистки	0,8	3,8	8,2	84,4	15,6	45,39
ТОВ «Архат» Житомир-ської області	ОВП-20	Актер	Після автомобіля	3,2	2,8	4,2	39,0	61,0	18,99
			На очистку	3,2	2,8	4,2	40,4	59,6	20,17
			Після очистки	2,2	1,6	4,6	46,8	53,2	21,19
			На 2-ге очищення	2,0	1,6	4,6	49,4	50,6	21,06
			Після очистки	1,8	1,0	5,4	52,2	47,8	22,26

Таблиця 4.24

**Пошкодження мікроорганізмами насіння озимої пшениці
під час післязбирального оброблення на насіннєочисних машинах**

Господар- ство	Очисні машини	Сорт	Стадії досліджень	Фузаріоз , %	Гельмінтоспоріо з, %	Септоріоз , %	Альтер наріоз, %	Плісняві грибки, %
СФГ «Стецівське» Черкаської області	ЗАВ-20 СМ-4А	Перлина Лісостепу	Після автомобіля	21,6	14,6	13,4	-	-
			На очистку	23,8	15,2	13,8	-	Сл.
			Після очистки	17,2	12,2	9,4	-	Сл.
			На 2-ге очищення	15,8	10,2	1,6	-	Сл.
			Після очистки	11,8	8,8	5,6	-	Сл.
			На СМ-4А	10,4	7,4	5,0	-	Сл.
			Після очистки	7,6	5,6	3,6	-	Сл.
ТОВ «Архат» Житомир- ської області	ОВП-20	Актер	Після автомобіля	24,8	21,6	3,2	3,2	-
			На очистку	22,2	23,6	14,0	3,2	Сл.
			Після очистки	18,4	14,2	8,4	2,0	Сл.
			На 2-ге очищення	16,2	13,8	6,8	0,8	Сл.
			Після очистки	10,2	8,4	2,8	0,6	Сл.

Таблиця 4.25

Вплив травмування на якість насіння озимої пшениці під час оброблення на насінноочисних машинах

Господарство	Очисні машини	Сорт	Стадії досліджень	Чистота, %	Насіння бур'янів, шт/кг	Схожість, %	Вологість, %	Маса 1000 насінин, г	Натура, г/літр	Скловидність, %	Білок, %	Сира клейковина, %
СФГ «Стецівське» Черкаської області	ЗАВ-20 СМ-4А	Перлина Лісостепу	Після автомобіля	93,1	81	92,2	14,1	43,9	719	46,4	13,9	22,5
			На очистку	98,2	81	91,2	14,0	43,7	717	45,6	14,0	22,6
			Після очистки	95,1	53	92,5	13,8	44,2	724	42,8	14,2	22,8
			На 2-ге очищення	95,3	52	92,5	13,7	44,6	728	42,6	14,1	22,8
			Після очистки	96,3	31	94,6	13,4	44,8	739	41,0	14,6	32,1
			На СМ-4А	96,4	29	94,8	13,4	44,9	740	40,6	14,6	23,5
			Після очистки	97,8	2	97,4	12,8	45,8	754	39,4	14,8	23,9
ТОВ «Архат» Житомирської області	ОВП-20	Актер	Після автомобіля	96,4	307	94,4	16,2	46,3	726	40,0	14,6	27,5
			На очистку	96,3	300	94,2	16,3	45,7	724	39,0	14,7	27,5
			Після очистки	97,3	177	95,7	15,7	46,7	733	38,0	15,0	28,4
			На 2-ге очищення	97,3	164	95,8	15,5	46,7	734	36,0	15,1	28,3
			Після очистки	98,2	160	97,5	14,8	47,2	744	34,0	15,3	28,6

Наявність насіння бур'янів також значно зменшувалася: до кількості 2 та 60 штук на кілограм.

У зв'язку з підвищенням чистоти зернової маси та зменшенням у ній кількості дуже вологого насіння бур'янів, значно покращувалася схожість та вологість насіння пшениці, які, відповідно, змінили показники на 6,2 % та 3,1 %, а також досягли 12,8 % та 14,8 % вологості, що дорівнює стандартним показникам. Внаслідок очищення насіння від засмічувачів та різних сирих домішок, покращувалася маса 1000 насінин до 45,8 та 47,2 грама, а також натура насіння зросла на 35 г/літр та 18 г/літр.

Протягом процесу очищення спостерігалось незначне зниження склоподібності насіння на 7,0 % та 4,0 %, що пов'язано із протіканням біологічно-фізіологічних процесів у зернівках у зв'язку з впливом компонентів.

Кількісні показники вмісту білка зросли до 14,8 % та 15,3 %, або на 0,9 % та 0,7% більше, а сирої клейковини – до 23,9 % та 28,6 %, або на 1,4 % та 1,1 %, що також покращило стандартну якість.

Результати аналізів проведених досліджень показали значний вплив різних механічних навантажень на травмування і зараження шкідниками насіння на всіх стадіях його підготовки та, безумовно, як наслідок цього – зниження якісних показників насіння.

А тому використання для сівби травмованого та пошкодженого мікроорганізмами насіння матиме негативні наслідки для росту і розвитку рослин і їх продуктивність. Насамперед, це викличе значне зниження польової схожості насіння, і особливо буде небезпечно тим, що часто цей факт носить прихований характер, адже насіння за даними результатів аналізу відповідають посівним стандартам навіть високого класу, а у польових умовах проростки часто гинуть не вийшовши на поверхню.

За даними дослідників, а також науково-дослідних установ країни, польова схожість озимої пшениці та жита перебуває в межах 75–85 %, тобто в середньому величина її зниження відносно лабораторної становить близько 20 %. Натомість польова схожість ярих зернових культур – пшениці, ячменю,

кукурудзи та інших ще нижча і, залежно від районів країни, різниця між нею і лабораторною схожістю перевищує 30 % і більше, що дуже впливає на густоту рослин, продуктивну кустистість, урожайність тощо.

За даними І. Г. Строни [344, 345], зниження польової схожості озимої пшениці внаслідок травмування насіння інколи досягає 71 %, пошкодження шкідниками – 18 %, решта припадає на інші фактори, а зниження схожості насіння кукурудзи від травмування насіння зменшується більше як на 80 %.

При сівбі травмованим насінням у ґрунті гине приблизно біля 40–50 кг висіяного матеріалу при середній нормі посіву 200 кг/га, або 25 %, внаслідок чого отримуємо зріджені посіви, а звідси – і значні недобори урожаю, адже кожен відсоток відсутньої кількості продуктивних рослин від оптимальних потреб впливає на зниження урожайності озимих зернових культур у розмірі 0,5 %, а ярих зернових – до 0,90–1,00 %.

Дослідники Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенко, А. Н. Пугачов, С. А. Чазов, Ф. М. Куперман, М. І. Терентьєва, П. Н. Шибаєв [129, 130] І. Г. Строна [259, 327, 344, 345, 346, 394, 412] та інші вважають, що, залежно від агрозон і умов вирощування, кожен відсоток травмованого насіння озимих призводить до зниження урожаю на 10–20 кг з одного гектара, а інколи таке зниження відбувається у 3 та навіть 5 разів більше, ніж при сівбі нетравмованим насінням.

4.4. Результати дослідження впливу транспортувальних і завантажувальних технічних засобів на травмування та якість насіння

Після надходження зернового вороху від зернозбиральних комбайнів з поля на тік, внаслідок організаційних або технічних затримок очищення, на певний час виникає потреба його перелопачування, перекидання, формування буртів, вентилювання, виконання навантажувально-розвантажувальних робіт та інше, де застосовуються скребкові, шнекові, ковшові, смугові транспортери та самопливні обладнання.

У господарствах, де проводилися експериментальні виробничі дослідження, застосовуються зернонавантажувачі ЗМ-60А, які використовуються для навантажувально-розвантажувальних робіт у зерноскладах та на відкритих площадках. Наразі великими сільськогосподарськими підприємствами країни використовуються більш удосконалені та потужніші зернонавантажувачі ПЗМ-80 і ЗПС-100А.

Аналіз досліджень травмування насіння озимої пшениці під час завантаження зернонавантажувачем на сільськогосподарських підприємствах показує, що макротравмування після завантаження на зберігання зросло на 0,2 % (табл. 4.26). Мікротравмування зародка у вигляді вибиття було на рівні 3,2–3,6 %. Отримання зародком мікротравм у результаті пошкоджень сягало 5,6 % і 9,8 %. Значно більше мікротравм отримали інші частини зернівки, адже дані показують, що після завантажування загальна кількість травмування зросла на 3,0 % і 0,5 %, а після цієї операції залишилося 23,4 та 13,7 % нетравмованого насіння. Узагальнений показник травм становить 34,78 % та 43,93 %.

Дані таблиці 4.27 вказують на наявність пошкодження мікроорганізмами насіння пшениці різними шкідниками, які були виявлені під час лабораторних аналізів. Результати засвідчили, що як під час очищення, так і в даному випадку спостерігається незначне зменшення їх кількості, що можна пояснити відділенням певної кількості травмованого, значно вологого і сирого матеріалу, який був найбільш сприятливим середовищем для життєдіяльності і розвитку мікроорганізмів.

Тобто можна припустити, що саме наступні технологічні процеси зменшують роль такого сприятливого середовища життєдіяльності, внаслідок чого знижується інтенсивність їхнього негативного впливу, але усунути його повністю лише цими заходами, як видно, неможливо, а тому застосування хімічних препаратів для обробітку насіння є необхідним.

Таблиця 4.26

Травмування насіння озимої пшениці під час завантаження

Господарство	Сорти	Стадії досліджень	Макро- травми, %	Мікротравми, %				
				зародка		всьо- го травм	без пошкод- жень	узагаль- нений показник травм
				вибитий	пошкод- жений			
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирсь- кої області	Миронів- ська 65	Після очистки.	3,4	3,6	5,4	73,6	26,4	33,24
		Після завантаження на зберігання.	3,6	3,6	5,6	76,6	23,4	34,78
		Після завантаження на посів.	3,6	3,7	5,6	76,6	23,4	35,77
СВК «Маяк» Вінницької області	Одеська 237	Після очистки.	3,6	3,2	9,4	85,8	14,2	44,31
		Після завантаження на протруювання	3,6	3,2	9,8	86,3	13,7	43,93

Вплив травмування насіння пшениці під час завантаження завантажувачами, а також негативну роль мікроорганізмів при цих процесах на якість показують нам дані таблиці 4.28, які свідчать, що чистота насіння та кількість насіння бур'янів залишалася на рівні без суттєвих змін і перебуває в межах 7 та 10 шт/кг насіння. Необхідно зауважити, що в силу різних причин не вдається досягнути повного очищення насіннєвої маси від наявності небажаного, вологого і сирого насіння бур'янів.

Схожість та вологість насіння перебували майже на однакових рівнях, адже їх показники були в межах оптимальних значень, особливо вологість, у межах 11–12 %.

Всі інші показники якості – маса, натура, білок та сира клейковина – мали деякі зростання в бік покращення, але вони перебувають у межах несуттєвої різниці.

У дослідженнях також вивчався вплив травмування зернівок озимого жита на сільськогосподарських підприємствах під час завантаження (табл. 4.29). Кількість макротравм після завантаження не збільшилася, що дуже важливо для якості насіннєвого матеріалу, і перебуває в межах 3,3–3,8 %.

Спостерігається тенденція до зростання мікротравмування, якщо рівень вибитих зародків не збільшився, то його пошкодження зросли на 0,2–0,6%, а в сукупності з іншими видами мікротравмування ці показники збільшилися, і, як свідчать дані, після завантажувача загальна кількість травм зросла на 1,4 %, а без пошкоджень залишилося 9,8 % та 20,0 % зернівок.

Узагальнений показник травмування після завантаження становив 50,77 % та 46,80 % у залежності від сорту, умов вирощування та підготовлення насіння різними зерноочисними агрегатами.

Пошкодження насіння озимого жита мікроорганізмами зберігається під час очищення та завантаження з незначним зменшенням протягом виробничо-технологічного процесу у зв'язку з усуненням сприятливих умов для їх розвитку (табл. 4.30). Необхідно відзначити, що сліди наявності пліснявих грибків також присутні протягом цього періоду.

Таблиця 4.27

Пошкодження насіння озимої пшениці мікроорганізмами під час завантаження

Господар-ство	Сорти	Стадії досліджень	Зараження мікроорганізмами				
			фузаріоз, %	гельмінто-споріоз, %	септо-ріоз, %	альтернаріоз, %	плісняві гриби, %
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Миронівська 65	Після очистки	14,8	8,8	4,4	2,4	Сліди
		Після завантаження на зберігання	10,8	5,8	3,4	1,8	Сл.
		Після завантаження на посів	11,5	6,4	3,8	2,2	Сл.
СВК «Маяк» Вінницької області	Одеська 237	Після очистки.	19,0	13,0	2,5	1,4	Сл.
		Після завантаження на протруювання	18,0	12,0	2,0	1,2	Сл.

Таблиця 4.28

Вплив трамування на якість насіння озимої пшениці під час завантаження

Госпо- дарство	Сорти	Стадії досліджень	Чисто- та, %	Насі- ння бур'я- нів, шт/кг	Схо- жість, %	Воло- гість, %	Маса 1000 насі- нин, грам	Нату- ра, г/л	Склопо- дібність, %	Білок, %	Сира клейко- вина, %
Облас- ний центр експер- тизи сортів рослин Жито- мирської області	Миронів- ська 65	Після очистки	97,2	9	94,2	12,6	43,9	752	65,6	15,5	25,3
		Після завантаже- ння на зберігання	97,4	7	94,3	12,6	44,1	757	63,8	15,7	25,5
		Після завантаже- ння на посів	97,4	6	94,5	12,5	44,2	759	63,5	15,7	25,6
СВК «Маяк» Вінни- цької області	Одеська 237	Після очистки	96,1	11	88,28	11,16	45,78	755	69,2	15,54	28,84
		Після завантаже- ння на протру- ювання	96,1	10	88,35	11,08	45,83	757	69,0	15,59	28,96

Таблиця 4.29

Травмування насіння озимого жита під час завантаження

Госпо- дарство	Сорти	Стадії досліджень	Макро- травми, %	Макротравми, %				
				зародка		всього травм	без пошко- джень	узагальнений показник травм
				вибитий	пошкоджений			
Обласний центр експертизи сортів рослин Жито- мирської області	Миронів- ська 65	Після очистки	3,8	3,0	17,8	88,8	11,2	49,28
		Після завантаження на зберігання	3,8	3,0	18,4	90,2	9,8	50,77
		Після завантаження на посів	3,8	3,2	18,6	90,5	9,5	51,21
СВК «Маяк» Вінницької області	Одеська 237	Після очистки	3,4	4,0	4,0	78,6	21,4	46,48
		Після завантаження на зберігання	3,3	4,0	4,0	80,0	20,0	46,80
		Після завантаження на протруювання	3,3	4,0	4,0	82,0	18,0	47,25

Вплив травмування та мікроорганізмів на якість насіння озимого жита, наведені в таблиці 4.30, свідчать про те, що чистота при цьому не погіршується, а дещо навіть зменшується кількість насіння бур'янів, і це пояснюється відокремленням під час переміщення, можливо, деякого дрібного насіння, адже за видами бур'янів їх обчислення в даних дослідженнях не ставилося за мету.

Схожість і вологість насіння залишається без суттєвих змін, оскільки у процесі доведення його до високого рівня чистоти та короткого періоду завантаження, можливо, суттєвої різниці у показниках і не встигає відбутися.

Майже на рівні, без змін у будь-яку сторону, залишилися й інші показники якості насіння озимого жита – маси, натури та числа падіння.

Необхідно зауважити, що, незважаючи на те, що насіння озимої пшениці та жита після очищення, тобто підготовлення до сівби, має високі стандартні показники якості, після завантажувально-розвантажувальних робіт та інших виробничо-технологічних операцій, що відбуваються до завершення посіву, травмування зернівок продовжується. А це призводить до погіршення якості насіння, що значно впливатиме, насамперед, на польову схожість, а також на ріст і розвиток рослин у період вегетації та, безперечно, в результаті на урожайність.

4.5. Результати дослідження впливу робочих елементів протруювачів на травмування та якість насіння

Знайомлячись з характеристикою різних протруювачів, що застосовуються для оброблення насіння зернових культур препаратами, видно, що під час виконання технологічного процесу його, за допомогою бокових шнекових живильників з бурту або купи, переміщують до завантажувального шнека, за допомогою якого воно спрямовується в бункер. Після цього насіння потрапляє у камеру протруювання на рухомий диск і рівномірно розподіляється по периметру камери у вигляді падаючого потоку, а потім, за допомогою вертикального і вивантажувального шнеків, потрапляє у мішки або купи чи транспортні засоби.

Таблиця 4.30

Травмування насіння озимої пшениці після протруювання

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Макро- травми, %	Мікротравми %				
				зародка		всього травм	без пошкод- жень	узагальнений показник травм
				виби- тий	пошкод- жених			
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської обл.	Миро- нівська 65	Після очищення.	3,6	3,7	5,6	76,6	23,4	35,77
		Після протруювання	4,2	4,4	5,8	82,6	17,4	40,47
СФГ «Стецівське» Черкаської обл.	Перли- на Лісо- степу	Після очищення.	0,8	3,8	8,2	84,4	15,6	45,4
		Після протруювання	0,8	3,8	9,0	84,8	15,2	46,1
СВК «Маяк» Вінницької обл.(барабан)	Оде- ська 237	Після очищення.	3,6	3,2	9,2	86,3	13,7	43,93
		Після протруювання	3,6	3,2	9,2	91,2	8,8	47,61
СВК «Маяк» Вінницької обл. (роттор)	Оде- ська 237	Після очищення.	2,0	3,4	3,0	51,6	48,4	24,61
		Після протруювання	2,2	3,8	3,2	57,2	42,8	27,67
ПСП «Україна» Житомирської обл.	Актер	Після очищення.	1,6	3,2	7,6	88,4	21,6	34,47
		Після протруювання	2,0	3,6	9,6	85,4	14,6	40,09
ТОВ «Архат» Житомирської обл.	Актер	Після очищення.	1,8	1,0	5,4	52,2	47,8	22,26
		Після протруювання	1,6	1,0	6,4	56,8	43,2	24,80

Таблиця 4.31

Пошкодження насіння озимого жита мікроорганізмами під час завантаження

Господарство	Сорти	Стадії досліджень	Зараження мікроорганізмами				
			фузаріоз, %	гельмін-тоспоріоз, %	септоріоз, %	альтернаріоз, %	плісняві гриби, %
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Верхняцьке 32	Після очистки.	22,8	7,2	15,6	2,6	Сліди
		Після завантаження на зберігання.	13,8	5,6	9,6	2,5	Сліди
		Після завантаження на протруювання	12,7	4,9	8,8	2,2	Сліди
ПП «Галекс-Агро» Житомирської області	Клич	Після очистки.	17,2	8,4	7,6	2,8	Сліди
		Після завантаження на зберігання.	17,2	8,4	7,6	2,8	Сліди
		Після завантаження на протруювання	17,0	8,2	7,4	2,6	Сліди

Тобто під час технологічного процесу використовуються стрічкові, скребкові та гвинтові шнекові пристрої, які, переміщуючи насіння з одного місця в інше, створюють механічні навантаження на нього, а значить – і здійснюють механічні травмування.

Проведені наукові дослідження на виробництві та виконані лабораторні аналізи показали, що травмування озимої пшениці у процесі протруювання збільшується і залежить від багатьох чинників, про що свідчать дані таблиці 4.31.

Найвищі показники макротравмування отримано після обмолочування барабанними зернозбиральними комбайнами в межах 3,6–4,2 %, а після роторних вони перебувають на рівні 1,6–2,2 %.

Після протруювання в деяких випадках макротравмування також збільшувалися.

Мікротравмування зернівок відбувалось у вигляді пошкодження зародка, а також після протруювання зростав узагальнений показник травм. І якщо пошкодження зародка відбувалось не у значній мірі, то загальне травмування і узагальнений показник в окремих випадках мав суттєві значення. Так, після протруювання пшениці Миронівська 65 було отримано травм більше на 6%, узагальнений показник травм зріс на 4,7 %, а Одеська 237 отримала на 5,6 % більше всього травмованого насіння, узагальнений показник травмування збільшився при цьому на 3,06 %, у сорту Актер після протруювання – на 5,62 %.

Тобто майже у всіх випадках після проходження насіння через протруювачі його травмування зростало на 3–5 %.

Дані досліджень свідчать про те, що під час протруювання насіння зазнавало травмування, що надалі впливатиме на його якість (табл. 4.31).

Чистота насіння після оброблення насіннеочисними машинами у різних господарствах та після протруювання перебувала майже на однаковому рівні, а незначні відхилення не мали суттєвого значення (табл. 4.32).

Як видно з даних таблиці, ці показники становили 97,2–97,6 % та 98,6– 98,9 %. В деяких випадках спостерігається незначне зростання цих значень після протруювання, що, можливо, пов'язано із переміщеннями насіння робочими

елементами протруювачів, внаслідок додаткового продування повітряною масою проходить мінімальне очищення від пилу та інших дуже легких домішок.

Спостерігається тенденція до зменшення кількості насіння бур'янів після протруювання, що також пов'язано із додатковим переміщенням, але слід зазначити, що повного очищення від забур'яненості не спостерігається на жодній технологічній лінії з використанням різних насіннеочисних технічних засобів.

Кращі результати очищення від бур'янів отримано при обробітку на комплексі ЗАВ-20 і заводі «Petkus», середні показники – після обробітку на БЦСМ-25 і СВС-25 і найбільша засміченість насінням бур'янів після комплектування технологічних очисних ліній іншими насіннеочисними машинами.

Відомо, що на схожість насіння впливає багато чинників зовнішнього і внутрішнього характеру, але в даному випадку суттєвих відхилень у показниках схожості після протруювання не спостерігається і у більшості випадків вони перебувають майже на одному рівні із мінімальним покращенням після виконання технологічної операції.

При проведенні протруєння спостерігається незначне зростання вологості зернівок майже у всіх варіантах, що зазвичай пов'язано із застосуванням незначної кількості води при виконанні операції. На основі аналізу отриманих даних результати протруювання свідчать про позитивну роль застосування агрохімікатів для зниження негативного впливу мікроорганізмів на якість насіння.

При аналізі інших показників якості не спостерігається суттєвого впливу операції протруєння на їх значення, за винятком деяких незначних відхилень натури і маси насіння, що, можливо, пов'язано із незначним впливом збільшення вологості зернівок.

На показники наявності білка і клейковини проведення протруєння насіння немає суттєвого впливу.

Таблиця 4.32

Вплив травмування на якість озимої пшениці після протруювання

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Чистота, %	Насіння бур'янів, шт./кг	Схожість, %	Вологість, %	Маса 1000 насінин, грам	Нату-ра, г/літр	Скло-подібність, %	Білок, %	Сира клейковина, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Обласний центр експертизи сортів Житомирської обл.	Миронівська 65	Після очищення	97,2	9	93,9	13,7	43,9	752	65,6	15,5	25,3
		Після протруювання	97,6	4	94,5	13,9	44,3	762	63,5	15,7	25,6
СФГ «Стецівське» Черкаської обл.	Перлина Лісостепу	Після очищення	97,8	2	97,4	12,8	45,8	754	39,4	14,8	23,9
		Після протруювання	98,3	1	97,5	13,2	46,0	757	39,2	14,8	23,9

Закінчення таблиці 4.32

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СВК «Маяк» Вінницької обл. (барабан)	Одеська 237	Після очищення	96,0	11	88,3	12,5	45,8	755	69	15,5	28,8
		Після протрую- вання	96,3	9	88,5	12,6	45,9	753	68,6	15,6	28,9
СВК «Маяк» Вінницької обл. (ротор)	Одеська 237	Після очищення	98,5	7	98,1	15,6	47,6	769	36,0	15,4	27,6
		Після протрую- вання	98,6	5	98,2	15,2	47,7	771	35,0	15,4	27,6
ПСП «Україна» Житомир- ської обл.	Актер	Після очищення	98,9	4	95,7	14,5	47,5	732	40,0	15,1	27,2
		Після протрую- вання	98,9	2	98,2	14,6	47,4	732	4,0	15,1	27,2
ТОВ «Архат» Житомир- ської обл.	Актер	Після очищення	98,3	13	97,6	14,5	47,6	744	33	15,3	28,6
		Після протрую- вання	98,3	10	97,6	14,9	46,6	744	33	15,4	28,7

Таблиця 4.33

Травмування насіння озимого жита після протруювання

Господарство	Сорт	Стадії дослідження	Макротравми, %	Мікротравми, %				
				зародка		всього травм	без пошкоджень	узагальнений показник травм
				вибитий	пошкоджений			
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Верхняцьке-32	Після очистки.	3,8	3,0	18,4	91,2	9,8	50,77
		Після завантаження.	3,8	3,2	18,6	94,5	9,5	51,21
		Після протруювання	3,8	4,0	21,0	94,8	5,2	57,15
ТОВ «Галекс – Агро» Житомирської області	Клич	Після очистки.	3,4	4,0	14,4	78,6	21,4	46,48
		Після завантаження.	3,3	4,0	14,7	82,0	18,0	47,25
		Після протруювання	3,2	4,6	16,8	89,6	10,4	52,87

Вплив травмування насіння озимого жита наведено в таблиці 4.33, дані якої свідчать про те, що макротравми зернівок на різних операціях до протруювання і при його виконанні залишається у більшості випадків майже на однакових значеннях.

Аналіз отриманих даних стосовно мікротравмування зернівок жита показує, що ці показники мають суттєві відмінності. Так, вибиття зародка при обробітку на мобільному вібровідцентровому сепараторі збільшується на 1 %, а на стаціонарному – на 0,6 %, тоді як пошкодження зародка зросло на 2,6 % та 2,4 %. Після протруювання на зерноочисній машині СВС-25 без пошкодження залишилося 5,2 % насіння жита, а всього травмованого насіння 94,8 %, тоді як після БЦСМ-25 такого насіння було 89,6 %. Нетравмованого насіння в цьому випадку було 10,4 %.

Узагальнений показник травм зернівок жита після завантаження зріс на 0,44 %, а після протруювання – на 6,38 % до очищення при підготовленні на мобільній машині, тоді як на стаціонарному сепараторі таке зростання становило 0,77 % та 6,69 %.

Тобто мікротравмування насіння озимого жита після протруювання в різних варіантах після очистки на вібровідцентрових сепараторах становило понад 6%, це є свідченням того, що травмування насіння жита при виконанні цих операцій вище, ніж пшениці. Як показують результати досліджень, на цій стадії технологічного процесу загальні мікротравмування насіння озимого жита сягають майже 95 %, а це, безумовно, негативно вплине на якість насінневого матеріалу та на проростання і розвиток рослин після сівби.

Із даних таблиці видно, що травмування впливає на якість насіння озимого жита після протруювання. Чистота насіннєвої маси залишається майже без суттєвих змін із деяким незначним покращенням і становить 95,9 і 96,3, збільшення у першому випадку дорівнює 0,1 %, а в другому відповідно – 0,8 %.

Кількість насіння бур'янів також зменшується, але його рівень залежить від загальної кількості, тобто у першому випадку при значній наявності воно становить 2 шт/кг, а в другому випадку, при значно більшій загальній кількості бур'янів, таке зменшення становить 24 шт/кг.

Спостерігається стабільне незначне зростання вологості після протруювання, що свідчить про невисоку кількість засвоєння води та оптимальне, необхідне її використання при обробітці хімічними препаратами.

Аналіз даних впливу травмування на схожість насіння озимого жита показує, що після протруювання вона суттєво не змінюється, навпаки відзначається незначне її покращення в межах 0,6 %.

Незначне, малосуттєве збільшення маси насіння і його натури в межах до 0,5 грама та до 5 г/літр, можливо, також пов'язано із додатковим застосуванням води при обробітці під час протруювання.

4.6. Результати дослідження впливу робочих органів зернової сівалки на травмування та якість насіння

Висівні апарати зернових та інших сівалок, разом із сошниками, пристроями для заробки насіння у ґрунт, є робочими органами посівних сільськогосподарських машин.

Дані таблиці 4.34 свідчать про те, що найбільша кількість макротравмованих зернівок після завантаження в сівалку становила 4,0 %, а після сівби – 4,02 %, всього мікротравм на цих стадіях пшениці с. Миронівська 65 у зоні Полісся було отримано, 84,6 та 89,6 % відповідно, тобто зростання від впливу катушкових висівних апаратів і дискових сошників сівалки СЗ-3,6 становило 5,0 %, в тому числі травмування зародка зросло на 0,4%, а узагальнений показник травмування після сівби зріс на 3,59 %.

Відповідно насіння пшениці Перлина Лісостепу у Лісостеповій зоні після сівби катушковим апаратом такого типу отримало травмування 92,2 %, або на 3,0 більше, порівняно із показниками після завантаження в сівалку, пошкодження зародка зросло на 1,4 %, а узагальнений показник травмування зріс на 2,19 %.

Зернівки пшениці Одеська 237 при обмолочуванні барабанним типом молотильного апарата отримали 3,4 % макротравм, а всього мікротравмовано насіння 95,8 %, що більше на 4,0 % порівняно із завантаженням, при цьому

узагальнений показник травм становить 51,29 %, що також більше до завантаження в сівалку на 3,2 %. При обмолочуванні комбайном з роторним молотильним апаратом кількість макротравм цього сорту пшениці становила 2,2 %, всього отримано травм 61,8 %, а узагальнений показник мікротравм становить 29,11 %.

Тобто всі показники травмування насіння при обмолочуванні пшениці роторним типом молотильного апарата суттєво менші, у порівнянні з барабанним, зокрема, макротравм отримано менше на 1,2 %, всього травмованих зерен на 34,0 % менше, а узагальнений показник травм менший на 22,18 %. Після сівби пшениці Актер макротравми становили 2,0 %, вибитий та пошкоджений зародок, відповідно, дорівнював 3,6 та 11,0 %, всього травмовано зернівок 92,6 %, що на 6,2 % більше до травмування при завантаженні в сівалку, а узагальнений показник травм зріс на 3,57 %.

Насіння пшениці при обмолочуванні роторним агрегатом мало меншу кількість макротравм на 0,4 %, всього травм після сівби становило 62,8 %, що також на 29,8 % менше, а узагальнений показник травм становив на 16,7 % менше, порівняно до барабанного типу апарата, але на 2,73 % більше до наявних травм після завантаження в сівалку.

Таким чином, із отриманих результатів досліджень видно, що при збиранні озимої пшениці комбайнами з роторним типом молотильного апарата макротравмування і мікротравмування насіння значно менші, ніж при обмолочуванні барабанними молотильними апаратами.

Найменшу кількість макротравм отримували зернівки с. Перлина Лісостепу при обмолочуванні комбайном «Славутич», а найбільшу кількість макротравмованого насіння отримано при обмолочуванні с. Миронівська 65 комбайном ДОН-1500Б.

Найбільшу кількість мікротравм після сівби отримало насіння пшениці с. Одеська 137 при обмолочуванні комбайном ДОН-1500Б, а найменше травмоване насіння при обмолочуванні роторним комбайном «John Deere» с. Одеська 237.

Таблиця 4.34

Травмування насіння озимої пшениці після сівби

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Макро-травми, %	Мікротравми %				
				зародка		всього травм	без пошкоджень	узагальнений показник травм
				виби-тий	пошкод-жений			
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської обл.	Миронівська 65	Після завантаження.	4,0	4,4	6,0	84,8	15,2	40,75
		Після сівби	4,2	4,6	6,4	89,6	10,4	44,34
СФГ «Стецівське» Черкаської обл.	Перлина Лісостепу	Після завантаження.	0,8	4,6	9,2	89,2	10,8	50,24
		Після сівби	0,8	4,8	10,6	92,2	7,8	52,43
СВК «Маяк» Вінницької обл.(барабан)	Одеська 237	Після завантаження.	3,4	3,2	9,2	91,8	8,2	48,09
		Після сівби	3,4	3,2	9,4	95,8	4,2	51,29
СВК «Маяк» Вінницької обл. (ротор)	Одеська 237	Після завантаження.	2,2	3,6	3,2	59,0	41,0	27,81
		Після сівби	2,2	3,6	4,2	61,8	38,2	29,11
ПСП «Україна» Житомирської обл.	Актер	Після завантаження.	2,0	3,6	9,6	86,4	13,6	40,81
		Після сівби	2,0	3,6	11,0	92,6	7,4	44,37
ТОВ «Архат» Житомирської обл.	Актер	Після завантаження.	1,6	1,0	6,8	59,2	40,8	24,94
		Після сівби	1,6	1,0	7,0	62,8	37,2	27,67

Таблиця 4.35

Вплив травмування на якість озимої пшениці після сівби

Господарство	Сорт	Стадії досліджень	Чистота, %	Насіння бур'янів шт./кг	Схожість, %	Вологість, %	Маса 1000 насінин, грам	Натура, г/літр	Склоподібність, %	Білок, %	Сира клейковина, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської обл.	Миронівська 65	Після завантаження.	97,8	1	94,7	13,6	44,5	765	11,8	15,8	25,7
		Після сівби	98,0	0	94,8	13,0	45,1	770	60,8	15,9	25,8
СФГ «Стецівське» Черкаської обл.	Перлина Лісостепу	Після завантаження.	98,4	0,6	97,7	13,1	46,1	759	38,6	14,9	23,9
		Після сівби	98,6	0,2	97,4	13,0	46,3	759	38,2	15,0	24,0

Закінчення таблиці 4.35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СВК «Маяк» Вінницької обл. (барабан)	Одеська – 237	Після заванта- ження.	96,6	7	88,6	12,5	46,3	758	68,6	15,8	29,7
		Після сівби	96,9	5	88,8	12,3	46,6	760	68,0	15,8	29,9
СВК «Маяк» Вінницької обл. (ротор)	Одеська – 237	Після заванта- ження.	98,7	3	98,4	15,1	47,9	774	34,8	15,5	28,0
		Після сівби	98,9	1	98,7	14,9	48,1	775	34,6	15,5	28,1
ПСП «Україна» Житомирської обл.	Актер	Після заванта- ження.	98,9	1	97,9	14,4	48,1	735	39,0	15,2	27,3
		Після сівби	99,0	0,8	98,3	14,3	48,4	739	38,0	15,3	27,4
ТОВ «Архат» Житомирської обл.	Актер	Після заванта- ження.	98,4	8	98,0	14,5	47,3	747	33	15,5	28,8
		Після сівби	98,6	2	98,3	14,2	47,5	756	33	15,5	28,9

Аналізуючи результати даних таблиці щодо якісних показників озимої пшениці від впливу травмування, видно, що після сівби чистота насінневого матеріалу становила 98–99 %, найменша кількість бур'янів була у с. Перлина Лісостепу, а найбільша – у с. Одеська 237 – 5 шт./кг насіння (табл. 4.35).

Вологість насіння після сівби в межах 12,3 % була також у с. Одеська 237, і найбільший показник вологості відзначається також у пшениці цього сорту, правда при обмолоті роторним комбайном «John Deere», що пов'язано зі збиранням протягом кількох років після дощу. В цілому після сівби насіння пшениці мало оптимальну вологість відповідно до вимог стандартів, тобто в межах 14,0 %.

Найменша маса 1000 насінин мала місце у пшениці Миронівська 65, а найвищі такі показники мало насіння с. Актер. Найвища натура насіння спостерігається у пшениці Одеська 237 – у межах 775 г/літр, а показник склоподібності найкращий у пшениці Миронівська 65.

Що стосується показників якості продовольчого характеру, то необхідно відзначити, що кількість білка у різних сортів пшениці перебувала на задовільному рівні – в межах 15,3 та 15,9 %, а клейковини найменша кількість відзначена у пшениці Перлина Лісостепу, що пов'язано зі слабким забезпеченням поживними речовинами, натомість найбільша – у пшениці Одеська 237. Необхідно відзначити, що катушкові апарати та сошники мали негативний вплив на збільшення травмування насіння в межах 4–5 % та були причиною погіршення його якості у процесі сівби.

Результати експериментальних досліджень травмування насіння після сівби озимого жита Верхняцьке 32 наведені в таблиці 4.36 і свідчать про те, що макротравмованих зернівок у насінневій масі збуло 3,8 %, тобто на одному рівні, всього мікротравмованих нараховувалось 97,6 %, або без травм залишилося всього 2,4 % насіння, узагальнений показник усіх видів травм становив 60,92 %, або зріс на 2,02 %, тобто значна маса насіння була травмована до сівби.

Таблиця 4.36

Травмування насіння озимого жита після сівби

Господарство	Сорт	Стадії дослідження	Макро-травми, %	Мікротравми %				
				зародка		всього травм	без пошкоджень	узагальнений показник травм
				вибитий	пошкоджений			
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської обл.	Верхняцьке 32	Після завантаження в сівалку.	3,8	3,6	22,0	5,0	5,0	58,5
		Після сівби	3,8	3,6	23,6	7,6	2,4	60,92
ТОВ «Галекс-Агро» Житомирської обл.	Клич	Після завантаження в сівалку.	3,2	4,4	18,2	1,0	8,4	55,57
		Після сівби	3,4	4,4	20,4	96,6	3,4	59,72

Таблиця 4.37

Вплив травмування на якість озимого жита після сівби

Господарство	Сорт	Стадії дослідження	Чистота, %	Насіння бур'янів, шт/кг	Схожість, %	Вологість, %	Маса 1000 насінин, %	Натура, г/літр
Обласний центр експертизи сортів рослин Житомирської області	Верхня-цьке 32	Після завантаження в сівалку.	96,4	5	90,1	13,5	38,6	666
		Після сівби	96,9	4	90,6	13,4	38,8	670
ТОВ «Галекс – Агро» Житомирської області	Клич	Після завантаження в сівалку.	96,7	66	93,0	16,5	29,7	622
		Після сівби	96,9	55	93,3	16,0	29,8	628

В озимого жита Клич макротравми після сівби зросли на 0,2 %, збільшилися також показники вибитого і пошкодженого зародка, а макротравми вирости на 5,6 % і значення узагальненого показника травмування досягло 59,72 %, що на 4,15 % більше.

Тобто загальне травмування зернівок озимого жита більше ніж озимої пшениці, а в окремі роки досліджень воно сягало 100 %, тобто нетравмованого насіння на кінець сівби не залишилося.

Вплив травмування на якість насіння озимого жита наведено в таблиці 4.37, де видно, що чистота насіннєвого матеріалу становила 96,9 %, кількість бур'янів становила 4 і 55 штук на кг насіння, що свідчить про вирощування сорту Клич без застосування будь-яких хімічних препаратів, а тому значне забур'янення посівів.

Вологість насіння жита становила 13,4 і 16,0 %, а схожість 90,6 і 93,3 % відповідно.

Маса 1000 насінин жита Верхняцьке 32 була значно більшою у порівнянні з іншим сортом, що також позитивно позначилось і на натурі зерна.

Результати досліджень показують, що насіння озимого жита зазнає ще суттєвішого травмування, ніж озимої пшениці, на всіх стадіях технологічних процесів, у тому числі від впливу катушкових висівних апаратів та сошників.

У зв'язку з цим вдосконалення катушкових висівних апаратів, модернізація і створення нових конструкцій таких катушкових апаратів та сошників у відповідності з пошуками та запровадження з іншими способами висіву і сівби мають сприяти мінімізації травмувань та різних механічних впливів, а разом з цим, покращувати якість сівби і особливо насіння, що забезпечить у результаті кращий урожай та вищий загальний валовий збір зерна зернових культур і, зокрема, таких цінних і необхідних для людини, як озима пшениця та озиме жито.

Висновки до розділу

1. Експериментальні результати середніх даних механічних впливів на травмування насіння озимої пшениці за п'ять років (2009–2013 рр.) показали, що

найменшу кількість мікротравм зазнали зернівки після обмолочування роторним молотильним агрегатом – 2,1 %, а після барабанного цей показник становив 9,2 %.

Найбільшу кількість мікротравмованого насіння після обмолочування барабанним апаратом отримано (66,6 %) сорту Перлина Лісостепу, а найменшу – після роторного (33,0 %) сорту Одеська 237.

На травмованих зернівках після обмолочування різко, у декілька разів зростає кількість мікроорганізмів, що негативно впливає на якість насіння, особливо його схожість.

Доведено, що при обмолочуванні озимої пшениці кількість насіння бур'янів зростає, схожість насіння знижується, вологість зернівок збільшується, натура зменшується, а наявність білка та клейковини мінімально знижується.

Обмолочування та підготовлення насіння необхідно проводити за вологості 16–18 % та за мінімальних, ощадливих механічних навантажень протягом усього технологічного процесу.

2. Встановлено, що при обмолочуванні озимого жита зі зростанням травмування та пошкодження зернівок мікроорганізмами погіршуються якісні показники, а схожість на період розвантаження з бункера зменшилася на 7,3–7,0 % та 2,1–0,5 %. Вага 1000 насінин зменшилася більше як на 4 грами, а натура – на 54 г/літр.

3. Результати досліджень показали, що при обробленні зернового вороху на насіннеочисному заводі “Petkus” та іншими технічними засобами загальна кількість макротравмованого насіння знизилася до 1,8 %.

Кількість зернівок з вибитим зародком до завершення очищення суттєво не змінилася і після пневмостола становила 3,2 %. Мікротравмування зародка підвищується на 2 %, оболонку зародка і ендосперму досягає 68,0 %, що вище на 6,0 % а узагальнений показник травмування зріс на 5,67 %.

4. Загальна кількість мікротравмованого насіння при проходженні технічними засобами, що входять до складу заводу Petkus, постійно зростала і після пневмостола залишалася всього 22 % нетравмованого насіння, а

узагальнений показник мікротравм становить 38,54 %, тобто зріс на 11,86 %, що негативно позначилися на якісних показниках.

Незважаючи на певне зменшення загальної кількості мікроорганізмів при очищенні лініями заводу (фузаріозу на 6,6 %, гелмінтоспоріозу на 5,0 %, септоріозу на 3,4 % та альтернаріозу на 2,9 %), значна частина їх залишається на поверхні очищеного насіння, а плісневі грибки набули ще більшого розвитку.

Щодо показників якості, то чистота насіння покращилася на 2,7 %, кількість насіння бур'янів значно зменшилася, схожість збільшилася на 11,02 %, вологість знизилася на 1,5 %, зросли маса і натура відповідно на 2,12 грама, на 35 г/літр.

5. Макротравмування насіння при його підготовленні на вібровідцентровому сепараторі БЦСМ-25 та ОВС-25 зменшується з 6,8 % до 3,4 % і з 9,4 % до 5,0% після барабанного апарата обмолочування і з 3,2 % до 2,0 % після роторного апарата обмолочування. Зменшення кількості мікротравм становить 3,4 %, 4,4 % і 1,2 %.

На початку очищення всього мікротравмованого насіння після барабанного апарата досягло 59,4 і 61,2 %, то після процесу, відповідно, 63,6 і 72,2 %, а кількість мікротравмованих зернівок збільшилася на 4,2 та 1,5 %.

Узагальнений показник травм після очищення, також збільшувався до 45,5 % і 24,6 %, в залежності від режиму роботи комбайна.

Пошкоджено шкідниками фузаріозу зменшилося на 9,6 %, гелмінтоспоріозу – на 8,8 %, септоріозу – на 1,8 % та альтернаріозу – на 1,0 %, і активно розвивалися плісняві грибки.

Чистота насіння з 91,1 % зростала до 97,2 %, а кількість насіння бур'янів знижувалась з 390 шт/кг до 7 шт/кг зернової маси, схожість – покращилась з 84,2 % до 98,1 %. На всіх стадіях та при всіх варіантах досліджень, показники вологості насіння знижувалися з 16,8% до 12,8%.

Відбулося також зростання маси 1000 зерен на 1,6 грама, натури – на 23 г/літр, а також покращувався, хоч і несуттєво, вміст білка – на 0,72 %, а сирової клітковини – на 1,0 %.

6. Встановлено, що макротравмованих зернівок озимого жита при потраплянні на очищення було в межах 6,8–8 %, а після очищення цей показник знизився до 3,4–3,8 %, тобто кількість битих, подрібнених та розмелених зернівок зменшилась у два рази.

Мікротравмування зародка при очищенні озимого жита сепаратором зростає з 10,2 % до 17,8 %, що значно більше, ніж у зернівок пшениці, що пояснюється особливостями крім інших чинників, розташування зародка, структури зернівки та біологічними властивостями. Спостерігається стабільна тенденція до зростання загальної кількості всіх видів травм на 12,9 % з 75,9 % при поступленні на очищення і 88,8 % після завершення процесу.

Всього нетравмованого насіння жита після очищення залишилося 11,2 %, а узагальнений показник усіх видів травм зріс до 49,28 %, тобто, у порівнянні з травмуванням насіння пшениці, ці показники зросли у два рази.

Спостерігається пошкодження зернівок жита мікроорганізмами і зменшення їх кількості після очищення, відповідно фузаріозом з 56,6 % до 17,2 %, гельмінтоспоріозом – 15,6 %, септоріозом – 10,0 %, альтернاریозом – 5,2 %, а також мало місце наявність пліснявих грибків.

7. При підготовленні насіння зернових культур вібросепараторами покращується чистота на 3,3–7,7 %, зменшується кількість сирого насіння бур'янів до 10 шт/кг, стабільно зростає схожість до 6,4 %, зменшується до 13,9 % вологість зернівок, зростає натура і маса 1000 насінин на 36 г/літр, та 2,9 г.

Покращення показників якості пояснюється, також своєчасним відокремленням насіння від сирієї маси засмічувачів, насіння бур'янів, недорозвинених і біологічно незрілих зернівок та підсушування постійно свіжими, сухими порціями повітря.

8. Післязбиральне підготовлення насіння озимої пшениці зерноочисними машинами різних марок показує, що макротравмування насіння зменшується від 5 % до 0,8 %, пошкодження зародка зростає від 8,2 % до 10,0 % та з 4,2 % до 5,4 %.

Травмування зародка, оболонки, ендосперму після очищення сягає 15,6 % , а узагальнений показник травм після очищення на ЗАВ-25 становить 43,63 %, на СМ-4А–45,39 %, на ОВП- 20, ОВС- 25–22,26 %.

Пошкодження мікроорганізмами фузаріозу зменшилося на 16,2 % і 10 %, гельмінтоспоріозу – на 96 %, септоріозу та пліснявими грибками знижувалося до мінімальної кількості.

Після очищення покращувалася чистота насіння з 93,2 % до 97,5 %, зменшувалася вологість до 13,4 %, зростала маса 1000 насінин до 47,2 грама, натура до 744 г/літр.

9. Доведено, що при підготовленні насіння на експериментальній насіннеочисній машині типу вібровідцентрованого сепаратора макротравмування зернівок пшениці зменшилося з 6,3 % до 2,0 %, а жита з 7,0 % до 4,0 %, тобто модернізація робочих елементів позитивно вплинула на зниження травмування насіння, а відповідно – на покращення його якості.

Мікротравмування зародка зернівки пшениці знизилося на 0,4 %, показники травмування ендосперму, оболонки зародка і ендосперму мали різні значення, але загальна кількість травмованого насіння знизилася до 59,6 %, узагальнений показник травм становив 31,14 %.

Мікротравмування зародка зернівок жита знизилася з 10 % до 9,6 %, показники травмування ендосперму, оболонки зародка і ендосперму мали різні значення, але загальна кількість травмованих зернівок сягала 80,3 %, узагальнений показник травм становив 39,10 %, тобто більше від мікротравмування насіння пшениці на 8,04 %.

10. Макротравмування насіння на лабораторній установці з новим пневмосепаруючим запатентованим пристроєм знизилася з 5,1 % до 2,0 %, а жита – з 6,3 % до 3,5 %.

Мікротравмування зародка зернівок пшениці знизилася з 6,0 % до 5,8 %, а жита – з 10,2 % до 8,6 %, показники мікротравмування ендосперму, оболонки зародка та оболонки ендосперму мали різне значення, але всього кількість травм збільшилася з 60,7 % до 62,0 %, тобто на 2,0 %, а жита – з 77,2 % до 80,2 %, збільшилася на 3,0 %.

тобто на 3,0 %. Узагальнений показник травм насіння пшениці зріс з 31, 75% до 32,45 %, а жита з 39,20 % до 43,70 %.

Доказано, що інтенсивність травмування насіння пшениці та жита експериментальною вібровідцентровою насіннеочисною машиною та вібровідцентровою лабораторною установкою менша, ніж серійними аналогічними насіннеочисними вібровідцентровими сепараторами типу БЦС та ОВС.

11. Процес проходження транспортувальних та завантажувальних операцій сприяє зменшенню дії шкідників у межах 2–3 %, що також, поряд зі зменшенням інтенсивності травмування, позитивно впливає на якісні показники. Отримані дані показують, що при завантаженні спостерігається також травмування насіння озимого жита, де збільшення загальної кількості травм становить 0,7 %, узагальнений показник насіння становить, у залежності від сортів, 9,5 % і 18,0 %.

Пошкодження насіння озимого жита шкідниками при завантажувальних операціях не зростало, а якісні показники не погіршувалися.

12. Після протруювання спостерігається збільшення макротравмування насіння озимої пшениці, загальне мікротравмування зростало в межах 6,0 %, а узагальнений показник травм, у залежності від сорту, збільшився до 3,06–5,62 %.

Показники якості насіння озимої пшениці після протруювання не мають суттєвих змін, а перебувають на межі стабільних значень, за винятком вологості, яка має мінімальні відхилення у сторону збільшення, що, безумовно, пов'язано із застосуванням водного розчину при технологічній операції.

Застосування агрохімікатів при протруюванні забезпечило позитивну роль в плані зниження впливу шкідників на якість насіння.

Протруювання насіння озимого жита вплинуло на збільшення загальної кількості травмованих зернівок на 3,6 і 11,0 %, а нетравмованого насіння залишилося 5,1 та 10,4 %, тобто загальна кількість травмованого насіння жита

на стадії протруювання сягає майже 95 %, а узагальнений показник травм становить 52,87 і 57,15 %, тобто більше половини.

13. Після сівби спостерігається зростання кількості макротравмованого насіння озимої пшениці в межах 4,2 %.

Необхідно відзначити, що саме після обмолочування зерновим комбайном з роторним агрегатом обмолочування макротравмування насіння становило 2,2 і 1,6 %, тобто зменшення більше, ніж у два рази, у порівнянні з максимальними значеннями.

Загальна найменша кількість мікротравмованого насіння, підготовленого після роторного комбайна на БЦСМ-25 і ОВП-20 після сівби, становила 59,0 і 59,2 %, а найбільша кількість мікротравмованого насіння, підготовленого на заводі “Petkus” – 92,6 і 95,8 %, тобто нетравмованого насіння після сівби залишилося 4,2 і 7,4 %.

Узагальнений показник травмування насіння озимої пшениці після сівби досягнув максимального значення 52,43 % і зріс на 2,19 %, а мінімальна його величина становить 27,67 %, і 29,11 %, збільшення відбулося на 2,73 і 1,3 %.

14. Після сівби чистота насіння пшениці, кількість бур'янів, схожість, вологість, маса, натура, склоподібність, вміст білка та сирої клейковини залишилися стабільними.

Після проходження через розподільчу пластину дискового сошника, тобто після сівби, макротравмування зернівок озимого жита суттєвих змін не зазнало і становило в межах 3,2 і 3,8 %.

Мікротравми зародка, ендосперму та оболонки мали різні значення, але загальна кількість травмованого насіння озимого жита становила 96,6 і 97,6 %, тобто нетравмованих зернівок було висіяно 3,4 і 2,4 %, що менше, ніж у пшениці. Узагальнений показник травмування зернівок жита становить 59,72 і 60,92 % та зріс на 4,15 і 2,42 %, що також більше, ніж у пшениці.

РОЗДІЛ 5

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПІДГОТОВЛЕННЯ НАСІННЯ

5.1. Шляхи зниження травмування насіння при збиранні

5.1.1. Вплив строків і способів обмолочування на травмування і якість насіння зернових культур

Для збирання зернових культур, у тому числі озимої пшениці та жита, застосовують комбайнові індустріально-потокові способи, які бувають однофазні, у випадку прямого комбайнування, який дуже широко застосовується в останні роки, а також двофазний, так званий спосіб роздільного збирання.

Дослідження впливу способів та строків збирання і вологості зернового вороху на травмування та якість зернівок показують деякі невідповідності оптимальних значень вологості зерна та його схожості, свідчать про існування невидимих видів травм, тому важко визначити міру негативного впливу травм, які не пов'язані із пошкодженням верхніх шарів зернівок (оболонки, ендосперму, зародка) на якість насіння.

За кількістю врахованих видимих травм досліджувані партії зерна відрізнялися з певною різницею, в той же час вони мали схожість насіння, відповідно, 80, 91 і 96 %. Травмовані, але зібрані за різної вологості (19,5 і 31,2 %), зернівки суттєво відрізнялися за схожістю насіння: з пошкодженням зародка – 79 і 0,5 %, з пошкодженими оболонками над зародком – 90–96 % і 48–69 %. Більше того, навіть у непошкоджених, але з підвищеною вологістю зернівок, після обмолочування схожість насіння знизилася до 90 % проти 99 % у насіння, зібраного з вологістю до 18 %.

Таблиця 5.1

Вплив вологості зерна при збиранні на посівні якості насіння

Вологість зерна, %	Пошкодження, %		Енергія пророс- тання, %	Лабора- торна схожість	Польова схожість після посіву, %		
	подріб- нення	травму- вання			13-й день	19-й день	25-й день
12,8	12,5	11,5	79,5	93,5	65,1	85,1	90,5
17,1	10,0	9,5	78,7	93,1	66,3	86,5	88,5
23,1	9,1	9,1	72,3	89,9	64,2	82,3	85,8
27,1	8,1	7,4	71,9	87,2	62,5	81,4	83,8
33,0	7,5	18,2	62,2	81,1	59,1	75,6	79,1

Дані таблиці 5.1 свідчать про те, що внаслідок підвищення вологості зерна до 27,1 % при обмолочуванні його подрібнення та травмування зменшуються, а посівні якості знижуються, при збільшенні ж вологості до 33,0 % травмування зернівок збільшується до 18,2 %, а якість знижується. Це можна пояснити тим, що під впливом механічних ударів більш вологі зернівки деформуються і за зовнішніми ознаками не травмуються, але у цих випадках змінюється їх внутрішня тканина – пошкоджується.

Виходячи з вищенаведеного, можна зазначити, що негативний вплив травмування на посівні якості насіння пов'язаний не тільки з кількістю складових травмувань, а також з рівнем вологості зернівок, що може впливати на внутрішнє пошкодження, яке складно виявити існуючими методами. Тому, для отримання високоякісного насіннєвого матеріалу, який відповідав би високим вимогам державних стандартів, посіви, призначені для цієї мети, необхідно обмолочувати в такі строки, коли вологість зерна має оптимальні значення, а саме перебуває в межах 15–16 %.

У зв'язку з тим, що рослини, стебла розвиваються нерівномірно, відповідно колосіння, цвітіння та дозрівання зернівок у колосках проходить з різницею в часі.

Результати досліджень показують, що обмолочування за високої вологості

зернівок не тільки негативно впливає на схожість насіння зразу після обмолочування, а й значно погіршує його властивості при зберіганні. За підвищеної вологості зерна інтенсивність дихання з перших днів посилюється, а внаслідок значного його травмування при збиранні збільшується в 1,5–2,0 раза. У більшості випадків при збиранні насіння підвищеної вологості (до 22–26 %) схожість за рік зберігання знижується на 3–14 % і до початку сівби більшість насіння виявилось некондиційним, а зернівки, зібрані в оптимальні строки, зберегли необхідну схожість. Обмолочування хлібів при скошуванні їх у валки з наступним досушуванням дає можливість знизити загальну кількість травмованих зернівок, зменшити кількість подрібнення, а також зерна з вибитими і пошкодженими зародками.

Кращим періодом для збирання озимої пшениці та жита є кінець воскової стиглості, для обмолочування гороху, особливо при заготівлі насіння – коли на рослинах утворюється 50–70 % пожовтілих бобів, а проса та гречки – при дозріванні 75–80 % зернівок на рослинах.

5.1.2. Вплив сортових, агротехнічних та біологічних особливостей зернового вороху на травмування насіння

Дуже важливою технологічною особливістю зернових культур при збиранні є здатність сорту до обмолочування, що напряду пов'язано з його ступенем осипання. Зв'язок тут обернений, причому, чим більше осипається, тим легше і краще обмолочується рослина. А для озимих зернових одним з особливих чинників, які впливають на осипання, є зв'язок зернівки в колоску зі стрижнем.

Дозрілі зернівки розміщені між двома квітковими лусками вільно, нічим не прикріплені, а всі зернівки в колоску, разом з квітковими лусками, розміщені між двома колосковими лусками; стиснення квітковими або колосковими лусками та морфологічні особливості не є головними і визначальними факторами міцності зв'язку зернівки з колосом, цей зв'язок забезпечується плодоніжкою, що становить 50–60 %.

Колоскові луски утримують зернівку стисканням, а квіткові – стисканням та кишенькою всередині луски, куди впирається зернівка. У зв'язку з цим, квіткові луски утримують зернівку значно сильніше, ніж колоскові, але визначальним фактором утримання є плодоніжка, тому при виконанні технологічного процесу обмолочування в місці утримування зернівки плодонізкою відбувається звичайне, невідворотне пошкодження – надрив оболонки, тобто зернівка отримує мікротравмування.

Навіть при ручному обмолочуванні відбувається мікротравмування в місці кріплення зернівки до плодоніжки, але розмір такого пошкодження буде визначатися міцністю утримування, а та, у свою чергу, залежатиме від ступеня дозрівання. Тобто, чим краще зерно біологічно і фізіологічно дозріло, тим менша сила міцності, тим менший ступінь мікротравми, а чим менша мікротравма – тим краща якість зерна і насіння.

Для застосування ефективного комплексного механізованого збирання та підготовки високоякісного насіння також необхідно, щоб зернівки в колосі були рівномірно розміщені за розмірами по всіх частинках і з рівномірною вологістю.

Важливою умовою є також легке обмолочування, але, разом з цим, навіть за найменших перестоювань можливе передчасне осипання.

Безумовно, головною умовою при цьому є міцність самої зернівки, її форма, структура, а оболонки повинні забезпечувати вимоги мінімальних пошкоджень від різноманітних механічних впливів на всіх стадіях технологічних процесів збирання, післязбирального оброблення, завантажень, розвантажень та сівби.

З точки зору агротехнічних та селекційних вимог щодо всієї хлібної маси, то тут значний обсяг роботи припадає на досягнення збалансування її одночасного дозрівання з урахуванням різноманітності біологічних особливостей певних сортів, засміченості та значної залежності від ґрунтових і погодно-кліматичних умов.

Однак необхідно відзначити, що навіть застосування всього комплексу методів і засобів щодо зниження агротехнічних, механічних та біологічних впливів на пошкодження і травмування зернівок протягом довгого і складного шляху збирання, оброблення та сівби не допомагають повністю уникнути їх негативних впливів,

адже це дуже складно і практично неможливо при обмолочуванні та обробленні зернового вороху на різних зерноочисних машинах, пошкоджене насіння цілеспрямовано не відбирається й існуючими стандартами не враховується.

Отримані показники лабораторної та польової схожості всього посівного матеріалу, в тому числі травмованого, показують, що воно заважає у боротьбі за якість всього насіння, що значно впливає на отримання дружних сходів.

5.1.3. Вдосконалення технологічного процесу при збиранні та його вплив на травмування і якість зернівок

При протіканні технологічного процесу відбуваються втрати, які розділяються на дві групи: прямі, або безповоротні, та побічні.

До прямих відносять такі, які відбулися внаслідок різних операцій і не підлягають поверненню, а побічні – це такі, коли зернівки втратили насіннєві, хлібопекарські та продуктивні якості, на покращення яких значний вплив має зниження пошкодження зернівок.

У більшості випадків одні втрати переходять в інші: наприклад, складні механічні пошкодження або травмування, що викликають підвищення процесу дихання, особливо, коли це супроводжується значною вологістю, внаслідок чого активно починають розвиватися мікроорганізми. Активізація життєдіяльності мікроорганізмів призводить до виникнення вогнищ самозігрівання, а відповідно – до погіршення насіннєвих та хлібопекарських якостей зерна, а інколи і до повного псування зернівок, коли вони стають зовсім непридатними для використання.

Агротехнічні заходи, селекційна робота та конструкторські рішення створюють передумови і напрямки, які зменшують втрати і знижують механічні пошкодження та травмування на всіх стадіях технологічного процесу.

Важливими факторами, що конкретно знижують травмування зернівок, є забезпечення оптимальної роботи всіх машин, механізмів і технологічних ліній на цих роботах на основі правильних, глибоких та систематичних технологічних

регулювань усіх робочих органів з урахуванням фізико-механічних властивостей зерново-солом'яного матеріалу в кожному конкретному випадку.

Режим роботи молотильного апарата відіграє важливу роль при пошкодженні зернівок під час збирання, його встановлюють, виходячи із втрат внаслідок недомолочування та механічних пошкоджень. Тобто необхідно забезпечити можливість отримання співвідношення між цими втратами, що досягається технологічними регулюваннями молотильного апарата при оптимальному поступленні хлібної маси, а це вимагає фаховості та систематичності відповідно до умов.

Доведено, що збільшення проходження хлібної маси сприяє зменшенню пошкодження, але процес цей можна проводити до певної межі, на яку розрахована молотарка комбайна.

Число обертів барабана відіграє значну роль при вимолочуванні та пошкодженні зернівок озимої пшениці і жита, тому збільшення оборотів призводить до механічних пошкоджень, а максимальне зниження травмувань досягається зменшенням числа обертів барабана.

Регулювання молотильних зазорів шляхом їх збільшення сприяє зниженню травмування зернівок під час збирання, але за значних збільшень зростають втрати від недомолочування, які регулюються при обов'язковому врахуванні стану хлібної маси та режиму роботи молотильного апарата, у зв'язку з чим при збиранні в період повної воскової зрілості рекомендовані зазори між білами барабана і планками підбарабання повинні бути на вході 16 мм, а на виході 4 мм, тобто, встановивши спочатку збільшені зазори, потім поступово їх зменшують, поки не досягається добре вимолочування зернової маси. Під час кожних таких змін молотильних зазорів якість обмолочування перевіряють прощупуванням 10–20 колосків у соломі та полові і якщо там немає вільних зернівок, то вважають, що обмолочування проходить добре. Під час збирання хлібної маси підвищеної вологості, залежно від певних обставин, а також значної забур'яненості, зазори зменшують, адже за цих умов робота молотильного апарата погіршується і вимолочування проходить не так якісно.

Відомо, що вранці хлібна маса має більшу вологість, а протягом дня підсихає, під вечір знову зволожується, тому регулювання молотильних зазорів необхідно проводити декілька разів протягом дня.

Внаслідок таких змін необхідно перевіряти, поряд із якістю вимолочування, також подрібнення зернової маси, що проводять візуально.

Враховуючи біологічні особливості культури та сорту, а також ґрунтово-кліматичні умови, важливим завданням при підготовленні високоякісного насіннєвого матеріалу зернових культур вважають обов'язковою потребу його розподілення уже на стадії збирання врожаю. Використання технології двофазного обмолочування хлібної маси дає можливість відібрати такі зернівки, які легко відділяються внаслідок ранніх строків дозрівання, біологічно дозрілі, краще сформовані і виповнені, мають більшу енергію та силу росту, схожість, масу, і тому, безумовно, за рівних умов забезпечують збільшення врожаю. Протягом багатьох років були неодноразові спроби підготувати жатки та комбайни для відокремлення такого насіння, а також сконструювати спеціальні насіннєві комбайни, але до цього часу вирішити це завдання так і не вдалося.

Дослідження в напрямку виявлення показників якості насіння показують, що його лабораторна схожість та енергія проростання залежать від травмування і маси 1000 зерен (рис. 5.1).

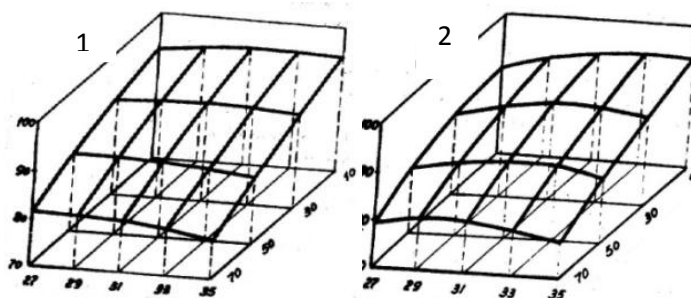


Рис. 5.1. Вплив травмування зернівок і маси 1000 зернівок пшениці на якісні показники: 1 – лабораторна схожість; 2 – енергія проростання (схожість – %, маса – г, травмування – %).

Із наведеного рисунка видно, що лабораторна схожість насіння при незначному травмуванні зі зростанням маси 1000 насінин збільшується. При зростанні рівня травмування насіння лабораторна схожість при збільшенні маси 1000 зерен

спочатку збільшується, а потім зменшується. При значному рівні травмування насіння його лабораторна схожість зі збільшенням маси 1000 зернівок зменшується. Приблизно такі залежності спостерігаємо і щодо енергії проростання.

Одним із ефективних прийомів впливу на зниження травмування насіння при збиранні є застосування еластичних матеріалів у молотильних пристроях, для чого можна використати гумові били.

Таким чином, вдосконалюючи технологічний процес з урахуванням погоднокліматичних умов, біологічних особливостей культури і сорту, вологості зернового вороху шляхом регулювання режимів роботи молотильного апарата та інших робочих елементів, знижуємо травмування зернівок та підвищуємо їх якість.

5.2. Шляхи зниження травмування зернівок при післязбиральному обробленні зернового вороху, підготовленні насіння, транспортуванні, завантаженні та сівбі

5.2.1. Вплив травмування насіння на якісні показники та урожайність

Сили навантажень, які виникають при виконанні технологічних процесів внаслідок взаємодії їх елементів і зернівок, цілком достатні для пошкодження оболонок, які, в першу чергу, виникають біля зародка та ендосперму.

Дослідження впливу травм на якість насіння були погруповані за сумою травмувань по класах з інтервалом 10 % та одночасно із цим для кожного класу визначили кількість травмованих зернівок, наявність їх з різними видами травм, лабораторну схожість насіння, а також її зниження [108, 109].

Аналіз результатів показує, що, в залежності від біологічних та фізико-механічних властивостей, при збільшенні сумарної величини травмувань зернівок змінюються види травм. Так, кількість зернівок із вибитим зародком при зростанні суми травмувань зростає, а потім до певної межі зменшується, після чого знову починає зростати. Це пояснюється тим, що при збільшенні кількості механічних навантажень зростає кількість зернівок з вибитим зародком, а з іншої сторони ці

зернівки руйнуються навіть при незначних зусиллях, хоча в загальному їх якість змінюється несуттєво. Подібна закономірність спостерігається по структурі зернівки щодо ендосперму. Слід зазначити, що при збільшенні загальної кількості травмованого насіння збільшується наявність травмованого зерна із зародками. У зернівок з пошкодженою оболонкою зародка при отриманні наступного механічного удару пошкодження оболонки зародка переростає у пошкодження самого зародка.

При невеликому загальному рівні травмування незначної кількості зернівок спостерігається пошкодження оболонок ендосперму через те, що вони мають більшу площу, а відтак і вірогідність контакту з технічними елементами механізмів більша. У міру протікання технологічного процесу кількість пошкоджених зернівок з оболонкою ендосперму також збільшується, а за певного періоду зупиняється та зменшується. Тобто за певних обставин зростання ударів у частини зернівок з пошкодженою оболонкою починає пошкоджуватися ендосперм. У зв'язку з цим кількість зернівок з пошкодженою оболонкою зародка і ендосперму, поряд зі збільшенням загального травмування зерна, весь час зростає, при цьому інтенсивність зростання збільшується пропорційно до зростання загального травмування. Зростання негативної дії цих показників впливає на інтенсивне зниження лабораторної схожості насіння, яка також впливає на зменшення польової схожості (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Якість насіння озимої пшениці

Показники	Значення, %								
Лабораторна схожість	96,9	92,9	87,9	83,5	79,6	74,0	67,5	62,5	56,5
Польова схожість	92,4	86,9	79,2	72,6	68,0	60,5	48,2	39,9	28,2
Різниця між лабораторною і польовою схожістю	4,5	6,0	8,7	10,9	11,6	13,5	19,3	22,6	28,3

Дані таблиці показують, що травмування насіння негативно впливає на його польову схожість. Якщо при лабораторній схожості 96,9 % різниця між нею і польовою схожістю становить 4,5 %, то зі зменшенням лабораторної схожості ця різниця постійно зростає, а за лабораторної схожості 56,5 % вона досягає 28,3 %.

Дослідження травмування насіння показали, що в зерновому воросі при обмолочуванні комбайном, згідно із середніми показниками, міститься близько 65–66 % травмованих зернівок, а непошкоджених – відповідно 34–35 %. Розміри та глибина цих травм різноманітна і тому вони по-різному будуть впливати на якісні показники насіння. Середні значення лабораторної схожості насіння з різними видами травм наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Лабораторна схожість насіння з різними видами травм

Види травм	Лабораторна схожість насіння, %
Пошкоджений зародок	50,8
Пошкоджений ендосперм	60,6
Пошкоджена оболонка зародка	85,6
Пошкоджена оболонка зародка і ендосперму	83,4
Пошкодження оболонки ендосперму	94,4
Без пошкоджень	99,0

Із даних таблиці видно, що лабораторна схожість непошкодженого насіння становить 99,0 %, що відповідає 1-му класу посівних кондицій згідно зі стандартом. Найнижча лабораторна схожість відзначена у насіння з пошкодженим зародком (50,8 %) і ендоспермом (60,6 %).

Таким чином, на якість насіннєвого матеріалу впливає як загальна кількість травмованих зернівок, так і конкретні види травм, які залежать від багатьох факторів та особливостей того чи іншого сорту.

Згідно з дослідженнями встановлено, що половина насіння озимої пшениці та інколи всі зернівки жита отримують мікротравмування при обмолочуванні і у процесі післязбирального оброблення і сівби. Глибоких пошкоджень, які б

викликали порушення цілісності оболонок і алейронового шару у пшениці, відзначалося майже 5 %, а у жита – 1 %.

Наявність у пшениці навіть незначних тріщин викликає зниження польової схожості до 16 %. При травмуваннях ендосперму більш як на третину лабораторна схожість знизилася на 14 %, а польова – на 65–70 %. Якщо біля зародка втрачається навіть до 1 % поживних речовин, то обов'язково спостерігатимуться відмінності в розвитку рослин у процесі вегетації, а польова схожість такого насіння становитиме менше 25 %. При отриманні глибоких травм оболонок зернівок внаслідок подовжених періодів зберігання насіння до сівби, спостерігається найзначніше зниження польової схожості. У такому випадку на 15–20 % зменшується маса вегетативної стеблової та листової поверхні, що також негативно впливає на урожайність. Але найзначніша негативна дія на схожість при пошкодженнях і довгих термінах зберігання такого насіння пов'язується із безпосередньо самими травмами, негативним впливом на його якість мікроорганізмів та зниженням стійкості і протидії до шкідливої ґрунтової мікрофлори.

Ще більш негативні впливи спостерігаються при вивченні схожості насіння жита.

Наступною важливою причиною зниження якості насіння є розвиток та проникнення у травмовані тканини зернівки мікроорганізмів у період дороблення, зберігання та проростання після сівби. Травмовані оболонки, ендосперм, зародок, внаслідок утворення тріщин, спричинюють проникнення у глибину грибкових і бактеріальних інфекцій, внаслідок чого останні живляться поживними речовинами, що викликає пригнічення проростання та в подальшому часткову або повну загибель молодих ростків ще на початку їх розвитку.

Дослідження показують, що непошкоджені, повні сили зернівки в нестерильному середовищі (на поверхні піску або ґрунту), а також на його глибині 5–7 см – в оптимальних умовах – майже ніколи не потрапляли під негативний вплив грибків, бактерій або сапрофітів. І навпаки, їх першими жертвами стають травмовані зернівки при вирощуванні на поверхні

субстрактного середовища. Навіть у ґрунті, де пошкодження їх менше, ніж у піску, подрібнені, побиті та травмовані зернівки значною мірою пошкоджуються мікроорганізмами, пліснявіють і гниють.

Якщо відібрані, нетравмовані зернівки пошкоджувались грибними та бактеріальними впливами до 1 %, то травмоване насіння, залежно від сили травм, отримувало пошкодження до 30 % і більше.

Травмовані зернівки внаслідок підвищеної інтенсивності дихання й виділення значної кількості теплоти вкриваються пліснявими грибками, самозігріваються, в результаті чого мікроорганізми розвиваються ще активніше, тому такі зернівки надзвичайно інтенсивно пошкоджуються та погано зберігаються. А це все призводить у результаті до різкого зниження схожості.

Травмування зернівок негативно впливає на розвиток рослин на всьому шляху вегетаційного розвитку, але найбільшого відставання в розвитку зазнають рослини, які проросли із тих зернівок, де був значно травмований зародок. Рослини із травмованого насіння не тільки гинуть та відстають у розвитку з самого початку появи сходів, але у процесі вегетації на певних фазах свого розвитку гинуть, що викликає зрідження загальних посівів уже на початку сходів, а також негативно відбивається на процесах кущення.

Пошкодження цілісності оболонки, алеїронового шару і ендосперму також пригнічувало проростання та наступний розвиток рослин. Зменшення енергії росту рослин із травмованих зернівок, послаблення їх опору хворобам і шкідникам призводить до зниження загальної та продуктивної кущистості, що в результаті впливає на зменшення урожайності у 2–3 рази і навіть більше.

Згідно із середніми даними, кожні 10–20 % травмованого насіння озимої пшениці знижують її урожайність на 3,0–4,0 ц/га, і чим вищий ступінь травмування, тим більше зниження урожайності, а постійні механічні пошкодження зернівок, підготовлених на насінневі цілі, знижують урожайність на 6 ц/га при 40–50 ц/га [273, 274, 328, 329, 330].

Аналіз даних досліджень показує, що зниження травмування насіння у два рази сприятиме зростанню урожайності культури на 8–10 ц/га, отже зниження

травмування зернівок у процесі оброблення зернового вороху під час підготовлення насіннєвого матеріалу є одним із головних факторів отримання високого врожаю зернової культури.

5.2.2. Вплив технологічних процесів та робочих елементів технічних засобів на травмування і якість насіння

Безперервність процесу виконання всіх робіт забезпечується сукупністю, а також відповідністю продуктивності всіх елементів технологічних ліній і вузлів, агрегатів, механізмів та машин.

Якщо від комбайна на тік надходить зерновий ворох нормальної вологості, то для послідовності, продуктивності, зручності та організації потокового оброблення всі машини і агрегати комплектуються в одну технологічну лінію. А якщо на тік після обмолочування надходить зерновий ворох підвищеної вологості, то після попереднього очищення його необхідно підсушити до стандартної вологості на зерносушарках, а якщо такі відсутні в господарстві, то підсушування необхідно виконувати на відкритих токах для природного механічного сушіння шляхом періодичного перекидання зерноавантажувачами ЗПС-100, ЗМ-30, ЗМ-60 та іншими технічними засобами, які можна використати в господарстві.

За наявності обмеженої кількості зерноочисних машин певну частину зернової маси, яка потрапляє на тік з поля при вологості, близькій до кондиційної, розміщують на відкритих майданчиках для тимчасового зберігання. Головне в даному випадку – не накопичувати значної кількості зернової маси, щоб за 2–3 доби поступово обробити на зерноочисних агрегатах весь зерновий ворох.

При дослідженнях виявлено, що під час транспортування більш інтенсивного травмування зазнають виповнені, масивні зернівки, які швидше взаємодіють з поверхнями і приймають на себе їх основний тиск. Так, травмування зернівок озимої пшениці при вологості 19,5 % під час

протягування по асфальтній поверхні скребковим транспортером за одне проходження зросло на 11 %, а при 10 – на 6 1% (табл. 5.4).

Після багаторазового переміщення лабораторна схожість насіння зменшилася на 6 %, а польова – на 15–24 %. Проходячи по дну жолоба та неодноразово вдаряючись об металеві конструкції при швидкості руху зернової маси 3–5 м/с, виникають додаткові травмування зернівок.

Таблиця 5.4

Травмування зерна озимої пшениці при протягуванні скребками

Стан зерна	Травмування зернівок, %					
	контроль	1	3	5	7	10
Без травм	91	80	61	49	43	40
Зародок	1	7	9	11	12	14
Ендосперм	6	9	13	15	18	19
Ендосперм + зародок	2	4	17	25	27	27
Всього травмовано	9	20	39	51	57	60

При транспортуванні насіння зерноавантажувачем певна частина зернівок травмується із зростанням вологості (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

**Травмування насіння озимої пшениці та озимого жита
зерноавантажувачем**

Культура	Вологість, %	Травмований зародок, %	Травмований ендосперм, %
Пшениця	30	15	28
	25	13	24
	20	10	20
Жито	30	25	31
	25	20	27
	20	17	24

Навіть при підготовлених з гладеньких і м'яких матеріалів тимчасових майданчиках зайві переміщення не бажані, адже ґрунт, дерев'яні, поліетиленові

або гумові настили при переміщеннях та і в самому завантажувачі створюють умови для травмування насіння.

Таким чином, при обробленні зернового вороху після обмолочування та підготовлення насіння необхідно домагатися проведення найменшої кількості навантажувально-розвантажувальних операцій та різних транспортувань зернонавантажувачами, тому що при кожному наступному переміщенні травмування зернівок збільшується, а їхні насіннєві якості – знижуються.

Дані досліджень, проведених у виробничих умовах, показують, що внаслідок одного проходження через зернонавантажувач подрібнення зернівок сягає 1,5–2 %, а при перекиданні зернової маси на току зерноперекидачем травмування збільшилося на 4,5–5 %, і відтак лабораторна схожість знизилася до 90,3 %. Значна частина травмування припадає на зародок. Це, насамперед, пояснюється тим, що при перельоті у повітрі центр ваги зернівок зміщений у сторону зародка, а під час вільного польоту орієнтація відбувається зародком донизу (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

Розміщення зернівок при їх вільному падінні

Висота падіння, м	Кількість зернівок, що падають при їх перекиданні, %		
	зародком вниз	зародком вгору	горизонтально
0,5	52	30	40
1,0	58	38	52
1,5	60	42	56
2,0	64	48	60
2,5	70	54	62

При всіх вихідних положеннях зернівок зі збільшенням висоти падіння кількість зернівок, які орієнтувалися зародком донизу, також зростала і досягнула, як видно, 70 %.

Безумовно, що всі фізико-хімічні та фізіологічно-біологічні процеси формування життя і розвитку зернівки відбуваються за безпосередньої і обов'язкової участі води. Надзвичайна і особлива роль води в зернівці полягає в наступному: волога є не тільки безумовною складовою усіх фізико-хімічних зв'язків з речовинами, але й

важливим фізичним агентом, який безпосередньо бере участь і впливає на біологічні, фізіологічні та хімічні процеси, що постійно проходять у тканинах і клітинах зернівки, адже вона є живим організмом, для якого, як і для всіх живих організмів, характерна координація сукупності взаємодій усіх процесів життєдіяльності.

Таким чином, можемо відзначити, що зменшення або збільшення вологості впливає на зміну співвідношення складових систем зернівки і, як наслідок – на характер їх взаємодії та впливу на структуру системи.

Зернова маса, перебуваючи і зберігаючись на відкритому майданчику, особливо під час несприятливих природо-кліматичних умов внаслідок дощів та сонця, перезволожується і підсушується, тобто відбувається почергова зміна її стану. Внаслідок підвищення вологості виникає явище самозігрівання, поява ростків зернівки і її пліснявіння. Такий мікробіологічний процес викликає шкідливу дію різних мікроорганізмів, які, у свою чергу, викличуть різноманітні біохімічні процеси, спрямовані на розкладання складних органічних сполук, від чого зменшується вміст крохмалю, знижується якість білкових сполук та клітковини, підвищується кількість водо- і спирторозчинного азоту. У результаті поглинання певної кількості води або набухання зернівки за сприятливих інших факторів, особливо температурного режиму, виникає здатність до проростання при висиханні зволжених зернівок – можуть утворюватися тріщини.

Всі ці якісні зміни в зернівці відбуваються у результаті фізико-хімічних та біологічно-фізіологічних законів на молекулярному і клітинному рівнях з інтегральною формою їх прояву.

Почергова зміна процесів перезволоження і зневоднення призводить до зміни сипучості зернової купи, коли змінюються кути природних укосів, величини шпаруватості, коефіцієнти тертя, аеродинамічних, тепло- та електропровідних властивостей, міцності та інших фізико-механічних властивостей зерна.

Утворені при зволоженні та зневодненні мікротріщини негативно впливають на міцність зернівки, чим погіршують її можливість протидії подальшим

механічним впливам під час післязбирального дороблення, тобто у процесі підготовлення високоякісного насіння.

При поступленні на тік після обмолочування зерновий ворох у своєму складі налічує до 40–60 % травмованих зернівок, а інколи навіть і більше.

Особливістю наступного оброблення насіння, яке уже отримало певну кількість травмованих зернівок, є те, що при додаткових механічних впливах травмується не тільки нове зерно, а в рівній мірі і те, яке уже було травмовано, внаслідок чого отримуються нові, повторні травми. Кількість таких травм може бути ще більшою, що залежить від кількості механічних дій на зернову масу, яка підлягає обробці. Чим менше в зерновій купі міститься нетравмованого насіння навіть при найбільш жорстких умовах механічних навантажень на зернівки, тим менше зростання нових пошкоджень, але тим більше їх потрапляє під наступне травмування.

Адже при повторних механічних діях здійснюється ще більший негативний вплив на якість насіння: зернівки з одними видами пошкоджень отримують інші. Наприклад, насіння з травмованою оболонкою ендосперму при наступному ударі отримує пошкодження зародка або навпаки – збільшується кількість травм або глибина їх поширення.

Такий розвиток подій дає підстави припускати, що з кожною наступною операцією негативний вплив травмування насіння на його насіннєві якості посилюється. А застосування кожного наступного оброблення, тривалість технологічних процесів і ліній, залучення нових машин і механізмів призводить до додаткових пошкоджень, зайвих витрат людської праці та фінансових ресурсів.

Додаткові оброблення забезпечують відділення невеликої кількості важко-відокремлюваних домішок, тоді як насіннєва фракція майже не змінюється. Отже, практично після кожної операції, післязбирального оброблення кількість зернівок з небезпечними видами травм (тобто зародка і ендосперму) зростає, а з менш небезпечними – зменшується (тобто травми оболонок), що також підтверджує припущення про перехід одних видів травм в інші під час цих

операцій. Наведені закономірності добре узгоджуються з відомими положеннями теорії руйнування матеріалів. Виходячи з такого розгляду травмування зернівок, можна припустити, що за кожного наступного оброблення інтенсивність зниження лабораторної схожості насіння від його травмування зростає, що підтверджують дані (табл. 5.7).

Після аналізу наведених даних видно, що при кожній із наступних технологічних операцій травмування зернівок зростає, що призводить до зниження лабораторної схожості в кінці технологічного процесу на 18,1%.

Така тенденція переходу одних видів травм зернівок в інші, причому більш небезпечні, а також зростання інтенсивності зниження лабораторної схожості кожними 10 %-и травмованого зерна при наступних технологічних операціях, спостерігається з кожним наступним додатковим впливом.

Таблиця 5.7

Вплив травмування на якість насіння

Показники	Технічні засоби	Травмування насіння, %	Лабораторна схожість, %	Зниження схожості
Обмолочування	СК-5	53,6	94,8	0,97
Завантаження	ЗМ-60	58,1	90,3	1,67
Очищення	ЗАВ-20	64,4	88,3	1,82
Очищення	СМ-4	72,1	81,8	2,52
Очищення	ПСС-2,5	77,0	80,1	2,58
Протруєння	ПС-10	85,0	76,7	2,74

Результати отриманих даних підтверджують висновок, що сумарне травмування зернівок не є об'єктивним показником оцінки роботи технічних засобів, а краще в цьому випадку застосовувати показники приведення всіх видів травм до одного, найбільш дієвого, наприклад – пошкодження зародка, тобто застосовувати узагальнений показник травм та користуватися даними лабораторної схожості.

В основу вдосконалення технічних засобів механізованого підготовки високоякісного насіння необхідно покласти принцип мінімального механічного впливу на зернівки, тобто доведення кількості операцій до мінімально необхідних, а протяжність технологічних ліній максимально скоротити, в тому числі за рахунок транспортуючих механізмів, тобто шнекових і скребкових транспортерів, норій, їхніх параметрів – довжини, висоти тощо.

Необхідно передбачати і враховувати у подальшому перехід від горизонтального до каскадного, вертикального або комбінованого комплектування машин та різних технічних засобів у технологічній лінії, тобто коли можна буде використати гравітаційну подачу зернової маси від машини до машини. При цьому, поряд зі скороченням травмування зернівок, зменшується матеріало- та енергоємність технологічних процесів, що має важливе значення, з точки зору фінансових затрат та економічної ефективності.

Головним у цих технологічних процесах залишається усвідомлення того, що неможливо дозволяти при обробленні зернового вороху після обмолочування додаткових, повторних кількарязових проходжень його через одні і ті ж технічні засоби, оскільки це обов'язково призводить до підвищення травмування зернівок, а як наслідок – погіршення якості насіння.

Таким чином, знаючи головні причини та фактори, що викликають травмування насіння і знижують його якість, можемо визначати шляхи зниження травмування зернівок.

5.3. Перспективи вдосконалення технологій та технічних засобів підготовки високоякісного насіння

Технологічний процес підготовки насіння – це складна функціонально-технічна та організаційна система, яка здійснює різносторонній і багатогранний вплив на кінцевий результат, тобто на якість отриманого насіннєвого матеріалу, що є одним із головних чинників впливу на отримання високого врожаю зернової культури та її валового збору, виступає запорукою забезпечення

населення продуктами харчування, фуражних потреб і, знову ж таки, формування необхідних запасів високоякісного насіння.

На основі аналізу та досліджень Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенка, В. І. Оробінського [108, 109, 362] та інших видно, що безпосередній вплив на якість насіння, яке підготовляємо, мають фізико-механічні властивості зернівок при збиранні та подальшому обробленні зернового вороху. Це, насамперед, вологість, біологічні особливості, зрілість та виповнення зернівок, а також кількість і інтенсивність силових впливів на нього різних технічних засобів і їх робочих систем на всіх етапах технологічного процесу від збирання до сівби.

Збільшення дії робочих систем на зернівку призводить до зростання травмування і зміни структури та властивостей її з погіршенням якості насіння. При виникненні травм здатність зернівки чинити опір її руйнуванню зменшується. Таким чином, оброблення зернового вороху після обмолочування протягом усього часу підготовки насіння, передпосівних операцій та сівби необхідно організовувати і виконувати так, щоб мінімізувати кількість та інтенсивність механічних навантажень на зернівки.

Основна мета під час післязбирального підготовки насіння полягає в тому, щоб довести його за чистотою до стандартних кондицій, при цьому виділивши із загальної купи недорозвинені, щуплі, біологічно неповноцінні, недозрілі зернівки з низькою лабораторною схожістю та низькими іншими показниками якості і цим самим максимально зменшити травмування зернівок.

Наукові виробничо-експериментальні дослідження показують, що якість насіння погіршується внаслідок несвоєчасного, затягнутого в часі відокремлення із зернового вороху різних засмічувачів, особливо дрібних, вологих, із вмістом сирого насіння бур'янів, грудочок ґрунту, соломи, полови, які є сприятливим середовищем для розвитку різних мікроорганізмів, пліснявих грибів, а також наявності (інколи значної кількості – до 30 %) недорозвинених, неповноцінних зернівок і впливу ґрунтових та погодно-кліматичних умов, агротехніки вирощування озимої пшениці і жита, а також від рівня травмування

на всіх стадіях збирання, оброблення зернового вороху, підготовлення насіння і сівби.

Залежно від способу та строків збирання, отримуємо зернову масу певної вологості, яка значною мірою впливає на подальший процес оброблення. Від визначення термінів і способів збирання залежить вологість отриманого на тік зернового вороху, стан його засміченості та якість насіння, тому що між забрудненням і вологістю спостерігається кореляційний зв'язок, що досягає 0,7–0,8.

Якщо зразки насіння із вологістю 14 % можна зберігати необмежено довго, то за вологості 22 % їх псування настає дуже швидко. При цьому зразки однакової вологості щодо псування поводити себе по-різному, залежно від того, чи була це волога, що брала участь у процесах обміну всередині зернівки, чи волога, що потрапляла з навколишнього середовища.

Коли у зернівках міститься більша кількість води обмінного характеру, то частково протікають процеси переміщення і відкладання запасних речовин, бо ще проходить період біологічного дозрівання. У зв'язку з цим у зернівках, де міститься надлишок обмінної вологи, відбувається швидке самозігрівання, що викликає їх псування. Якщо наявність вологи в зерновій масі зумовлена зовнішніми джерелами надходження, то протягом перших декількох днів зберігання інтенсивність її псування мінімальна.

При передчасному обмолочуванні відокремлення зернівок від колосків перериває обмін речовин між насінням і вегетаційною частиною рослини, і якщо воно відбувається за вологості 30 % і більше, тобто, коли не завершено процес дозрівання, то в результаті такі зернівки, як правило, стають щуплі, неповноцінні і дуже низької якості, тобто для насінневих цілей непридатні.

На якість насіння зернових культур значний вплив має склад зернового вороху, особливо наявність сирого насіння бур'янів та вологих грудочок ґрунту. Згідно з дослідженнями, при зберіганні насіння пшениці вологістю 16–17 % без застосування вентиляції за відсутності будь-яких домішок плісняві гриби з'являються у зерновій купі через 65–70 днів, у ячмінній купі – через 100 днів.

За наявності 2 % різних зелених дрібних домішок плісняві грибки з'являються у жита через 40–50 і у ячменю – через 57–60 днів, а повне псування насіння відбувається через 70–90 днів. За наявності 2 % зелених домішок, 2 % насіння бур'янів і 2 % подрібненого насіння плісняві грибки у жита з'являються через 15–17 днів, у ячменю 25–27 днів, а повне псування – через 25 і 40 днів. За наявності 3 % зелених домішок, 3 % насіння бур'янів і 4 % подрібнених зернівок плісняві грибки у жита присутні через 6 днів, у ячменю – 19 днів, а повне псування настає через 11 і 26 днів. За наступного збільшення у зерновому воросі сирих зелених домішок, зеленого насіння бур'янів, пилу, вологих грудочок та подрібнених зернівок поява пліснявих грибків відбувається протягом значно коротшого часу, навіть однієї доби, а повне псування може відбутися за 5–7 днів.

Таким чином, очищення зернового вороху пшениці, жита, ячменю та інших зернових надзвичайно важливо організовувати і проводити якомога швидше після обмолочування, що зумовлене не тільки послабленою стійкістю до пошкодження, але і дуже швидким розподілом вологи між компонентами, внаслідок чого зерно основної культури значно зволожується за рахунок сортування вологи і засмічувачів.

Дослідження і виробничий досвід переконливо свідчать, що зерновий ворох підвищеної вологості або зволожений від опадів, призначений для насіння, на току не може перебувати тривалий час, навіть декілька днів без очищення. Невиконання цієї операції є основною причиною погіршення якості та псування насіння, адже при обробленні зернової купи після обмолочування виділяються великі та легковагові забруднювачі, коли дуже важливо відокремити дрібні домішки, особливо сире зелене насіння бур'янів та грудочок вологого ґрунту, тому що саме вони провокують самозігрівання і бурхливий розвиток мікроорганізмів. Важливо при цьому виділити також недозрілі вологі зернівки, але виконати це часто дуже складно, тому що у свіжозібраній зерновій масі їх розміри і аеродинамічні властивості бувають подібні до повноцінних зернівок основної культури.

Сукупність розглянутих факторів дає можливість стверджувати, що обмолочування насіннєвих ділянок бажано проводити роздільним способом, що

забезпечить можливість підготовки високоякісного насіння без використання сушильних агрегатів. Скошена хлібна маса у валки підсихає під впливом сонячного проміння, а недозрілі вологі зернівки швидко підсихають на стерні та вирівнюються за вологістю до оптимальних рівнів. При досягненні такої вирівненості зернівки, що не дозріли, стають щуплими і з'являється можливість у процесі оброблення зернового вороху виділити їх із нього під дією пневмоінерційної або решітної сепарації, пристрої для якої необхідно вдосконалювати і модернізувати.

Роздільний спосіб збирання насіннєвих ділянок дає можливість запровадити низько- затратну, з мінімальною кількістю недосконалих засобів технологію оброблення насіння після обмолочування без додаткового його досушування у сушарках і таким чином реалізувати при цьому принцип мінімального впливу механічних засобів на зернівки, чим знизити їх травмування та забезпечити високу якість насіння.

Вирівнювання зернової маси за вологістю до рівня близького за кондиційністю до обмолочування, дозволяє мінімізувати травмування зернівок під час збирання, а також поліпшує їх опір наступним механічним впливам при післязбиральному підготовленню насіння. Необхідно зазначити, що рівень травмування насіння на цій стадії оброблення залишається досить високим у порівнянні з травмуванням його при збиранні, інколи навіть вищим.

Трапляються часті випадки на виробництві, коли технологічний процес очищення виконується за принципом кількарізних проходжень зернової маси через одні і ті ж або додаткові насіннеочисні машини до тих пір, поки насіння не буде доведено до стандартних необхідних кондицій, при цьому зовсім не враховується, що значно зростає травмування зернівок, а відповідно, погіршується їх якість, збільшуються затрати праці, вартість очищення, втрати насіння та віднесення його до відходів. Високий рівень травмування зернівок під час підготовки насіння після збирання викликаний наявністю значної кількості та протяжності робочих елементів і транспортувальних пристроїв. Саме через це широко використовувані агрегати типу ЗАВ і сушильноочисні

комплекси КЗС, навіть із насіннєвими приставками СПЛ-5 та СП-10А, які повинні були вирішити питання підготовки високоякісного насіння згідно зі стандартами, першокласного насіння на промисловій основі, з цим завданням не впоралися, адже травмування зернівок пшениці і жита відповідними агрегатами становить: ЗАВ-20–15,4 %, ЗАВ-40 – 17,4 %, ЗАВ-50– 20,5 %; «Petkus» – більше 25 %; БЦСМ-25 – понад 20 %. У даному випадку всі види травм приведені до узагальненого показника – пошкодження зародка, що, безумовно, впливає на якість насіння.

Технологічні лінії сучасних зерноочисних і сушильних агрегатів, особливо зарубіжного виробництва, мають значну довжину, інколи в межах 100–150 метрів, та велику кількість механізмів. У різних варіантах кількість норій може становити чотири-п'ять, і крім цього, на технологічній лінії встановлюється мережа самопливних пристроїв з наявністю розподільників і поворотів, внаслідок чого зернівки отримують значну кількість механічних навантажень, тобто ударів. Швидкість руху на кінці окремих ділянок самопливних пристроїв досягає 5–6 м/с, що при кожному наступному зіткненні призводить до травмування зернівок і погіршення їх якості. Інколи в цю не зовсім просту та необхідну насичену схему подавання і транспортування включені ще скребкові транспортери, шнеки, що призводить до невиправдано значної довжини технологічної лінії з великою кількістю перешкод і зіткнень на цьому складному шляху, що, безумовно, сприяє великому травмуванню насіння.

Довжина технологічної лінії і кількість насіння, що транспортується, зменшується при вертикальному компонуванні машин, що працюють на лінії, але в цьому випадку значно зростає висота будівельної споруди та значно погіршуються умови експлуатації обладнання.

Більш оптимальним є каскадне компонування обладнання, коли зернова маса буде підніматися тільки один раз норією спокійного пересування з малими вірогідностями значного контактування зернівок з робочими елементами, якими зерновий ворох подається за допомоги самопливного пристрою довжиною до 2 метрів і кутом нахилу не більше 45°. Після машини попереднього очищення до

наступної повітряно-решітної машини і далі до трієрів необхідно подавати за допомогою вібротоків, які приводяться в коливальний рух решітними станами або рухаються самопливом. Від трієрів до пневмосортувального столу насіння необхідно подавати стрічковим транспортером.

Подавання відходів у приймальні відділення або бункери необхідно здійснювати за допомогою самопливних пристроїв, конструювання яких на лінії підбирається згідно з необхідністю та з урахуванням зручності обслуговування технологічного устаткування.

Використання тихохідної лінії невеликої довжини самопливного обладнання, наявність вібротоків і відсутність необхідності перекидання та підймання зернової маси від однієї машини до іншої дадуть можливість суттєво зменшити довжину всієї технологічної лінії та травмування зернівок її робочими органами.

З метою зниження травмування зернівок під час їх руху по самопливних пристроях і вібротках необхідно виключити наявність на цьому шляху виступів та інших перегородок – перешкод. Бажано виготовляти елементи цих робочих органів з еластичних матеріалів – поліетилену або гуми, що дасть можливість зменшити травмування насіння на 20–40 %, а також поліпшення схеми транспортування зернового вороху маси дозволить скоротити довжину технологічної лінії. Всі ці конструкційні рішення повинні забезпечити зменшення травмування зернівок більш як у два рази, а в перспективі взагалі звести до мінімуму, що також забезпечить енерго- і ресурсозбереження. Наразі у нас затрати енергії на виробництво центнера зерна в 4–5 разів, а затрати праці – в 10 разів більші, ніж у США та розвинутих країнах Європи.

Наразі можливо розроблення блочно-модульного технологічного обладнання максимально універсального, яке б забезпечило комплектування різних варіантів складних агрегатів і комплексів з обмеженої номенклатури уніфікованих модулів максимальної заводської готовності, що дозволить реалізувати адаптовані до природно-кліматичних умов конкретного регіону

новітні технології для підготовки високоякісного першокласного насіння, товарного і продовольчого зерна.

Підготовлені товарні та продовольчі партії необхідно направляти на зберігання в окремі, призначені для цього сховища, а очищене насіння – в насіннєсховище, де забезпечується оптимальний і необхідний температурний та вологісний режими згідно з державними стандартами зберігання. Адже відомо, що у процесі зберігання продовжується дозрівання зернівок і за сприятливих умов воно завершується протягом 1,5–2 місяців, а в іншому випадку воно значно затягується, що негативно впливає на якість насіння при сівбі.

З метою недопущення погіршення якості насіннєвого матеріалу та підтримання, насамперед, необхідної температури і вологості повітря і його переміщення або замінення, необхідно здійснювати періодично його профілактичну аерацію через певні проміжки часу, залежно від кількості насіннєвого матеріалу та об'єму сховища.

Безумовно, що оснащення сучасних комплексів з підготовки і зберігання насіння у сховищах сучасними автоматизованими пристроями мінімізує негативний вплив людського фактора.

Необхідно також зосередити зусилля на розробленні нового покоління зерноочисних машин із використанням принципово нових технічних рішень, що забезпечить, у першу чергу, зменшення кількості та інтенсивності механічних навантажень на зернівку на всіх стадіях технологічних процесів обмолочування, оброблення зернового вороху, підготовки насіння, будь-яких переміщень, транспортування та сівби.

Конструювання нових технічних засобів або модернізацію існуючих необхідно проводити з обов'язковим урахування мінімального травмування насіння, що гарантуватиме значне покращення його якості та сприятиме зростанню урожайності й валових зборів зерна.

Прикладом цього є запатентовані автором конструкції експериментальних вібросепаратора та сошника зернової сівалки з використанням вловлювача-розподільника на всіх рівнях циліндричних решіт та пластини-розподільника і

штирів з гумовими покриттями, що забезпечить отримання високоякісного насіння за одне проходження та оптимальне розміщення його в ґрунті. Практичні дослідження з використанням цих експериментальних машин показали значне зниження травмування насіння та покращення його якісних показників.

На основі та з урахуванням проведених досліджень, а також глибокого аналізу попередніх наукових даних та практичних експериментів у різних ґрунтово-кліматичних зонах Лісостепу і Полісся України, автор досліджень робить висновки, що головними перспективними напрямками роботи наукових та організаційно-машинобудівних структур у галузі механізації збирання, підготовки насіння та сівби є наступне:

- у результаті конструювання, модернізації та вдосконалення режимів роботи робочих частин зернозбиральних машин, насамперед барабанних і роторних апаратів, необхідно забезпечувати зниження травмування зернівок при обмолочуванні до мінімального рівня, тобто до 3–5 %, адже значне їх травмування при збиранні значно погіршує їх властивості, перешкоджає чинити опір наступним механічним навантаженням, що стане причиною травмування при обробленні та викличе неможливість отримання насіння першого класу;

- конструювання та організація виробництва зернових жаток, що забезпечить укладання скошеної хлібної маси тонким шаром розстилання для швидкого і рівномірного дозрівання зернівок та її підсихання до кондиційної вологості, що дозволить використовувати малозатратну технологію підготовки висококондиційного насіння без додаткового підсушування і зменшення його травмування майже у два рази;

- розроблення повнокомплексних насіннеочисних агрегатів для великих аграрних підприємств з можливістю організації потокового або каскадного комплектування обладнання для підготовки насіння, куди входять лінії його очищення, сховища для насінневої, товарної і фуражної фракцій з технічними пристроями для їх завантаження, розвантаження, аерації, протруювання насіння, перероблення та використання продовольчого зерна і фуражу;

- оснащення насіннеочисних комплексів пристроями механізації та автоматизації і підбирання режимів роботи для всіх робочих частин усього процесу;

- розроблення принципово нових енергоресурсозберігаючих технічних рішень, що забезпечуватимуть ефективне фракціонування зернового вороху, підвищення продуктивності машин та зменшення травмування зернівок;

- розроблення, випробування, впровадження і організація виробництва конкурентоспроможного на світовому ринку каскадного та блочно-модульного технологічного обладнання для післязбирального оброблення зернового вороху та підготовки високоякісного насіння, що забезпечуватиме комплектування різних варіантів складних агрегатів і комплексів з обмеженої номенклатури уніфікованих модулів максимальної заводської готовності з мінімальним травмуванням зернівок, які дозволять реалізувати адаптовані до природно-кліматичних умов регіонів технології для підготовки високоякісного насіння;

- розроблення, модернізація існуючих та організація виробництва універсальних нових машин комплексної дії – попереднього, первинного і повного очищення зернового вороху та підготовки високоякісного насіння для малих і повного очищення зернового вороху та підготовки високоякісного насіння для малих і середніх сільськогосподарських підприємств, у тому числі для індивідуальних селянських і фермерських господарств, різної продуктивності від 5 до 25 т/год, з мінімальним механічним впливом та мінімальною кількістю технічних засобів і довжиною технологічних ліній, що значно мінімізує травмування насіння і забезпечить високі показники його якості;

- формування вітчизняних технічних засобів для обмолочування, оброблення зернового вороху, підготовки високоякісного насіння, його протруювання та сівби з обов'язковим урахуванням зниження травмування на всіх стадіях технологічного процесу.

Висновки до розділу

1. Головні фактори, що забезпечують оптимальний режим роботи молотильного апарата, це – фізико-механічні та біологічні особливості хлібної маси, швидкість її надходження, продуктивність, число обертів барабана, величина зазорів, тобто відстані від бил барабана до планок деки підбарабання, а у штифтових – відстані між зубами барабана і підбарабання, між кромкою витка і козушком, тому вплив на них буде змінювати режим роботи комбайна.

2. Збільшення кількості та швидкість надходження хлібної маси сприяє зменшенню травмування зернівок, але вони обмежені можливостями молотарки комбайна.

3. Число обертів молотильного барабана і зазори на вході та виході з молотильного апарата внаслідок їх регулювання, в залежності від біологічного стану хлібної маси для забезпечення максимальної продуктивності і мінімальних втрат, є одним із важливих резервів зниження травмування, підвищення якості насіння.

4. Нормалізація хлібної маси, рівномірне розподілення і надходження її, починаючи зі стадії потрапляння на робочі елементи жатки, похилої камери, молотильного апарата, значно впливає на продуктивність і травмування насіння, а в результаті – на його якість та майбутню урожайність.

5. Застосування еластичних матеріалів – гумових бил в молотильних апаратах, покриття гумою або капроном робочих поверхонь вібросепаратора, завантажувальних технічних засобів призводить до зниження травмування насіння зернових культур при збиранні, очищенні та транспортуванні.

6. При надходженні на тік зернового вороху підвищеної вологості його необхідно досушити природним способом, шляхом вентилявання та перекидання – провітрювання технічними засобами або іншими способами, головне – не накопичувати значної кількості, яку неможливо очистити протягом 2–3 діб.

Додаткові перекидання, транспортування, провітрювання, завантаження, поряд з позитивним впливом, будуть збільшувати травмування насіння, а значить – погіршувати його якість.

Приведення насіння до оптимальних значень вологості в межах 16–17 % з мінімальним впливом технічних засобів є головним фактором зменшення його травмування.

7. Доведено, що зерновий ворох, зберігаючись на відкритих майданчиках, особливо за несприятливих погодно-кліматичних умов, зволожується та на сонці просушується.

Різка почергова зміна процесів перезволоження і зневоднення призводить до зростання утворення тріщин, зміни сипучості зернової купи, шпаруватості, тертя, міцності, теплопровідності та інших фізико-механічних властивостей.

При підвищенні вологості та температури повітря виникає явище самозігрівання, проростання, пліснявіння, і як підсумок – псування насіння.

Наслідком такого розвитку буде шкідлива дія мікроорганізмів, що викличуть біохімічні процеси розкладання органічних сполук, денатурації білків і значно сприятимуть втратам якості насіння до навіть повного їх псування.

Тому необхідне постійне очищення зернового вороху з метою своєчасного підготовлення високоякісного насіння при мінімальних можливостях його травмування.

8. Грунтуючись на положеннях теорії руйнування матеріалів, можна стверджувати, що при кожному наступному обробленні насіння його травмування зростає, що підтверджується експериментальними дослідженнями, тому додаткові оброблення технічними засобами проводити не бажано.

Стабілізація подавання зернового вороху на очищення, тобто регулювання рівномірного подавання, зменшення тертя по металічних та бетонних поверхнях або використання дерев'яних, гумових, еластичних матеріалів, зменшення висоти падання зернівок, підбирання вентиляторів для оптимального руху повітря в межах 7,5–8,0 м/с та решіт розміром отворів 2,4–2,6 мм у повітряно-решітних машинах сприятиме покращенню продуктивності, зменшенню

травмування насіння та покращенню його якісних показників, особливо схожості.

9. Модернізація конструкції пневмосепаруючого обладнання, робочих елементів різних насіннеочисних машин, з точки зору пошуку оптимальних режимів їх роботи, з метою зниження травмування зернівок, є важливим резервом покращення якості насіння.

Вдосконалення конструкцій протруювачів, катушкових апаратів і дискових сошників зернових сівалок сприятиме зниженню травмування, поліпшенню ефективності та продуктивності технологічних процесів і підвищенню якості насіння.

10. Аналіз проведених досліджень показує, що безпосередній вплив на якість насіння зернових культур при його виробництві мають фізико-механічні та біологічні властивості зернівок та зернового вороху – це, насамперед, вологість, засміченість, наявність сирого насіння бур'янів, біологічна недозрілість, грудочки, пил, неповненість, а також, у значній мірі, кількість та інтенсивність механічних навантажень, що суттєво травмують насіння протягом технологічних процесів.

Тому перспектива вдосконалення, конструювання та виробництв комплексних технічних засобів і технологічних ліній для виробництва якісного насіння є одним з важливих і головних резервів збільшення урожайності та валових зборів зернових культур.

РОЗДІЛ 6

КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИЧИН ТРАВМУВАННЯ ЗЕРНІВОК ЗА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВЛЕННЯ НАСІННЯ ТА ЇХ ГОСПОДАРСЬКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

6.1. Конструкційно-технологічні розробки та інженерні рішення вдосконалення робочих органів вібросепаратора і дискового сошника зернової сівалки СЗ-3,6 А-04

Для зниження травмування та підвищення якості насіння зернових культур було розроблено відповідне обладнання.

Так в роботі [1] вдосконалений відцентровий розкидний пневмосепаруючий пристрій зерносепаратора, який показаний на рис. 6.1.

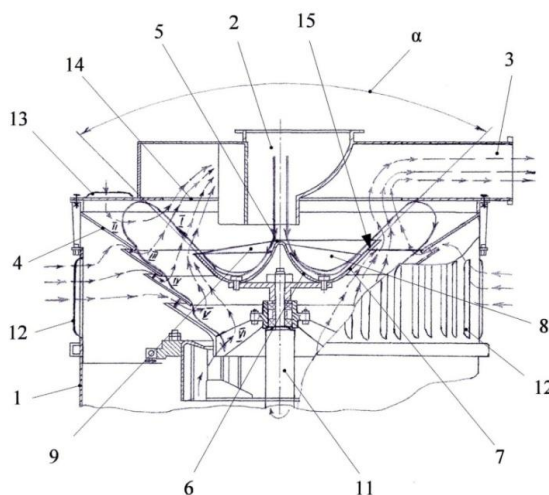


Рис. 6.1. Відцентровий розкидний пневмосепаруючий пристрій: 1 – корпус; 2 – камера завантаження насіння; 3 – повітропровід; 4 – конусний каскад; 5, 6, 7, 8, 9, 10 – розподільник насіння, подвійний конус; 11 – вал зерносепаратора 12 – бокові жалюзі; 13 – верхня кришка корпусу; 14 – повітропровід; 15 – лопатки розподільника.

При технологічному процесі очищення зернового вороху та підготовки якісного насіння з мінімальним його травмуванням на запропонованій конструкції збільшено вільний прохід повітря, та кількість зон сепарації і проходження повітря через зерновий ворох, що інтенсифікує процес видалення засмічувачів, зменшує механічні навантаження при контакті зернівок з

поверхнями робочих елементів машини та між собою, що сприяє зниженню травмування насіння.

Застосування відцентрового розкидного пневмосепаруючого пристрою зерносепаратора конструкції, що пропонується, дозволить досягти наступного господарського, технічного та економічного ефекту:

- 1) покращується сепарування та зменшується травмування зернівок, що позитивно впливає на якість насіння;
- 2) збільшується та покращується кількість проходження повітряної маси через зерновий ворох при очищенні;
- 3) збільшується кількість відбирання засмічувачів зернової маси;
- 4) підвищується можливість інтенсифікації процесу відокремлення засмічувачів за рахунок регулювання надходження повітря при очищенні;
- 5) збільшується загальна продуктивність та техніко-економічна ефективність роботи зерносепаратора при підготовленні високоякісного насіння (Додаток 10).

В наступній роботі [2], модернізований розкидний пневмосепаруючий пристрій зерносепаратора, що зображений на рис. 6.2 і 6.3.

Таким чином, розкидний пневмосепаруючий пристрій запропонованої конструкції відрізняється від існуючого тим, що вибірки на зовнішній поверхні подвійного конуса зроблені із забезпеченням геометричної форми, яка є багатокутником з N сторонами, а всі поверхні, що контактують із зернівками, покриті шаром гуми, що забезпечує зниження травмування насіння та підвищує його якість (рис. 6.2, 6.3).

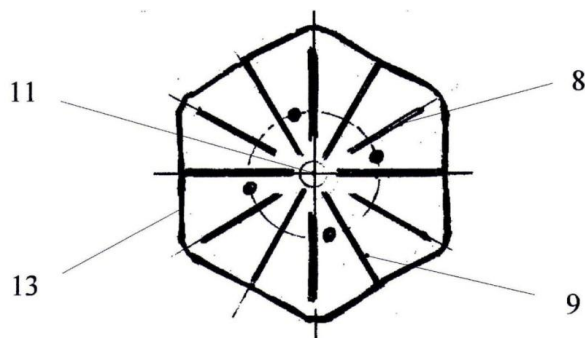


Рис. 6.2. Розкидний пневмосепаруючий пристрій:

- 8–9 – малі та великі лопатки; 11 – вал передачі крупного моменту;
13 – вид на подвійний конус являє собою шестикутник з гранями.

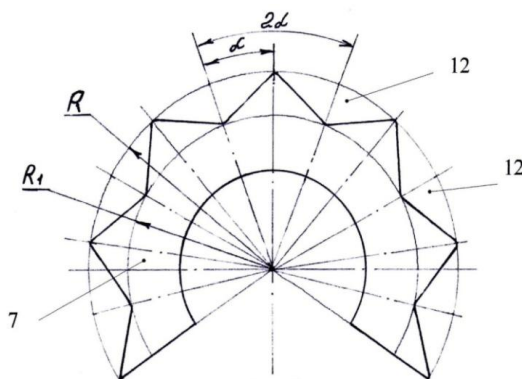


Рис. 6.3. Відцентровий розкидний пневмосепаруючий пристрій: 7 – зовнішня поверхня конуса; 12 – вибірки на зовнішній поверхні подвійного конуса.

Розкидний пневмосепаруючий пристрій такої конструкції забезпечить можливість досягти наступного:

- 1) забезпечить розподілення зернового вороху по рівномірній, еліпсоподібній траєкторії зменшеної товщини і щільності маси;
- 2) збільшиться площа, кількість і якість проходження повітря через зернову масу;
- 3) збільшиться кількість відбирання засмічувачів із насінневого матеріалу;
- 4) зменшиться вплив механічних навантажень при контакті зернівок з робочими поверхнями, що покриті шаром гуми, та між собою, що вплине на зниження травмування насіння та підвищення його якості;
- 5) збільшиться загальна ефективність роботи зерносепаратора, що позитивно позначиться на економічній складовій.

З метою вдосконалення процесу підготовки насіння, зниження його травмування і покращення якості в роботі [3], [4], сепаратор вібровідцентровий запропоновано інші моделі, що показано на рис. 6.4 та 6.5.

В існуючому відомому зерносепараторі при очищенні зернового вороху в процесі його руху у пневматичній віялці та решетах зверху униз відбувається травмування значної кількості зернівок, що особливо негативно впливає на якість підготовки насінневого матеріалу.

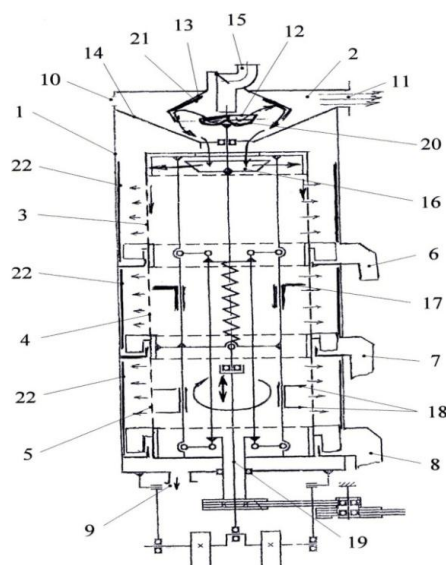


Рис. 6.4. Сепаратор вібровідцентровий: 1 – корпус; 12 – пневмосепаруючий розподільник насіння; 16 – розподільник насіння на решета; 3, 4, 5 – решітні барабани; 20 – привод обертання решіт; 16–22 – гумова футерівка.

В основі запропонованої моделі лежить завдання створення такої конструкції сепаратора, яка забезпечить зменшення травмування зернівок та позитивно вплине на підвищення схожості насіння.

Відповідно до запропонованої конструкції, поверхні розкидача, віялки, приймального конуса і кожуха, що контактують із зернівками при очищенні, виготовлені із пом'якшувального травмування покриття у вигляді гумової футерівки.

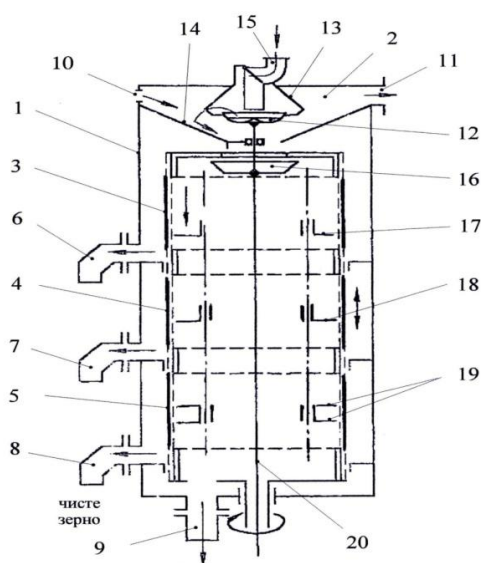


Рис. 6.5. Сепаратор вібровідцентровий: 1 – корпус; 2 – пневмосепаруюча віялка; 17, 18, 19 – вловлювачі розподільника насіння виконані у вигляді гумових секторів.

Головним у цьому випадку постає завдання створення конструкції сепаратора, яка дасть можливість додати додаткове відцентрове прискорення зернової суміші при проходженні нею кожного з решітних барабанів, домогтися максимального фракційного розподілення на кожному решітному барабані та зменшити кількість потрапляння якісних зернівок у відходи.

Використання сепаратора вібровідцентрового запропонованої конструкції дає можливість досягти наступного техніко-ефективного результату:

2) забезпечується максимальне розподілення відповідних фракцій на кожному з решітних барабанів;

1) зменшується кількість травмованих зернівок;

2) знижується загальна кількість потрапляння зерна у відходи;

3) підвищується якість фракцій, на які розподіляється зерновий ворох при очищенні, та якість насіння;

4) підвищується загальна ефективність очищення зернового вороху та підготовки насіння.

У серійному сепараторі що розміщується виробниками наразі у процесі руху зернового вороху, при очищенні вздовж решітки циліндричних решітних барабанів відбувається неконтрольоване відокремлення певної частини якісно-придатної зернової маси в центральну зону барабана і, в результаті втрати відцентрової енергії, проходить його звалювання в нижню частину барабана, що призводить до потрапляння у відходи.

З метою вдосконалення процесу сепарації та зниження травмування насіння в основу запропонованої конструкції покладено завдання створення пристрою, який при підготовлені насіння вловлює всі відокремлені зернівки та забезпечує умови її потрапляння у відповідні фракції і сприяє ефективному очищенню та зменшенню травмування насіння, завдяки чому суттєво підвищується його якість, що подано в роботі [5], рис. 6.9.

Поставлене завдання досягається за рахунок того, що у сепараторі вібровідцентровому кожна циліндрична решітна секція, де сепарується зернова маса, додатково забезпечується новим робочим органом, дисковим вловлювачем-розподільником, що встановлюється у горизонтальній площині і

виконується з можливістю регульовального переміщення в зоні кожної циліндричної решітної секції, де сепарується зернова суміш, причому, кожний вловлювач-розподільник нової конструкції виготовлений за певним діаметром і унеможливорює неконтрольоване падіння зернівок у систему видалення фракції відходів та з можливістю проходження крізь нього предметів збільшеної ваги (рис. 6.6, 6.7, 6.8.).

Вловлювач-розподільник виготовляється з двох гумових дисків з можливістю демонтажу одного з дисків за потреби, а також кожний гумовий диск розділяється на міні-сектори радіальними пазами, що виконуються по периферії диска через кожні 15° на $1/3$ радіуса, що забезпечить вловлювання зернівок та зниження їх травмування (рис. 6.9.).

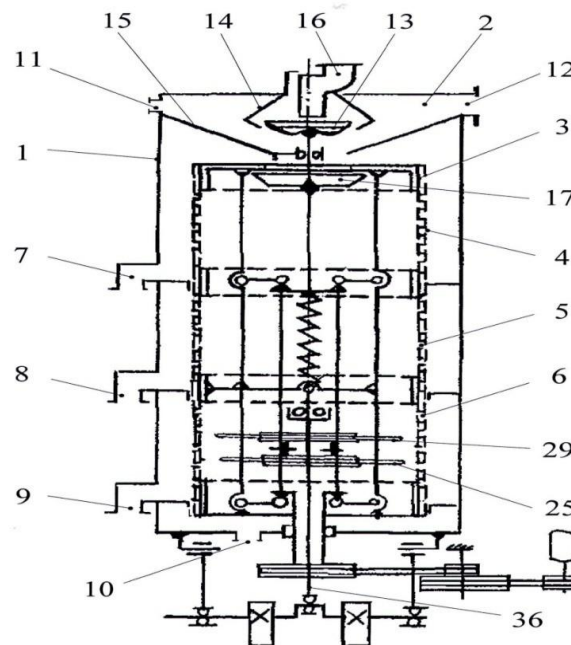


Рис. 6.6. Сепаратор вібровідцентровий.

Виготовлення кожного вловлювача-розподільника саме такої конструкції з можливістю додаткового забезпечення кожної циліндричної решітної секції забезпечує значне покращення якості сепарації зернової маси за допомоги вловлювача-розподільника, що встановлюється в горизонтальній площині та виконаний з можливістю регульовального переміщення в зоні кожної циліндричної решітної секції очищення насіння і дає можливість направити зернівки, що втратили відцентрову енергію і, потрапляючи в центральну частину, неконтрольовано можуть падати вниз, знову на повторну сепарацію на відповідну решітну секцію, що

унеможливиює потрапляння насіння у відходи і забезпечить значно ефективніше очищення та зниження травмування.

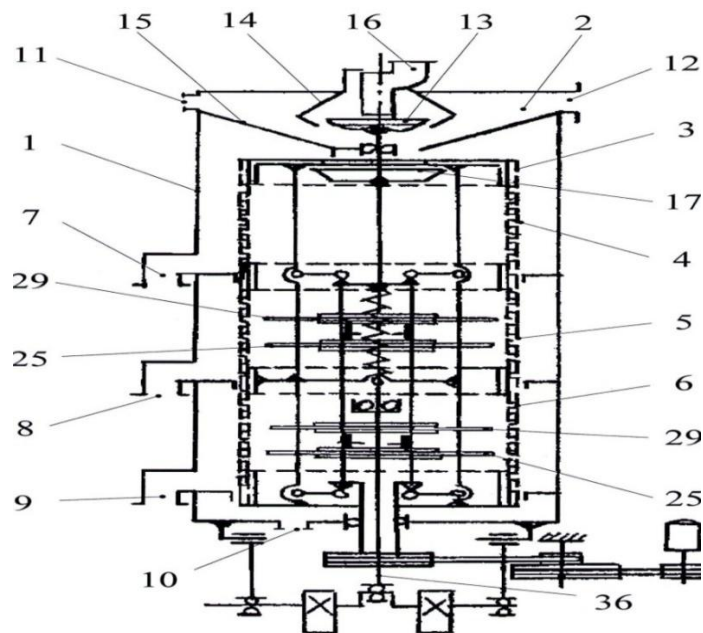


Рис. 6.7. Сепаратор вібровідцентровий.

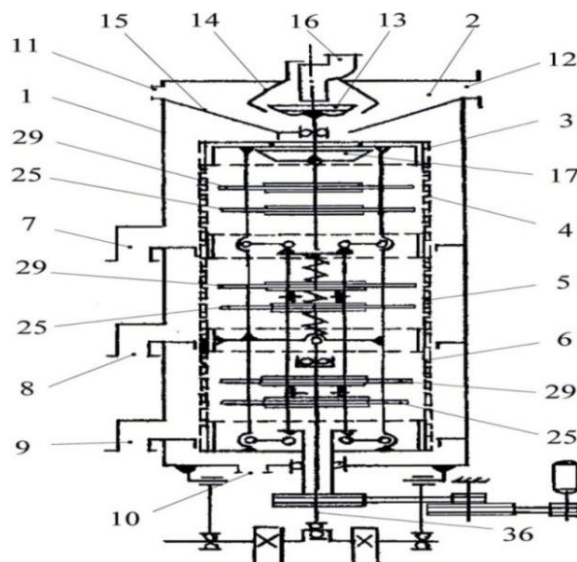


Рис. 6.8. Сепаратор вібровідцентровий: 1 – корпус; 2 – пневматична віялка;
4, 5, 6 – секції і решета; 17 – розподільник насіння на решета;
25–29 – вловлювачі розподільника насіння.

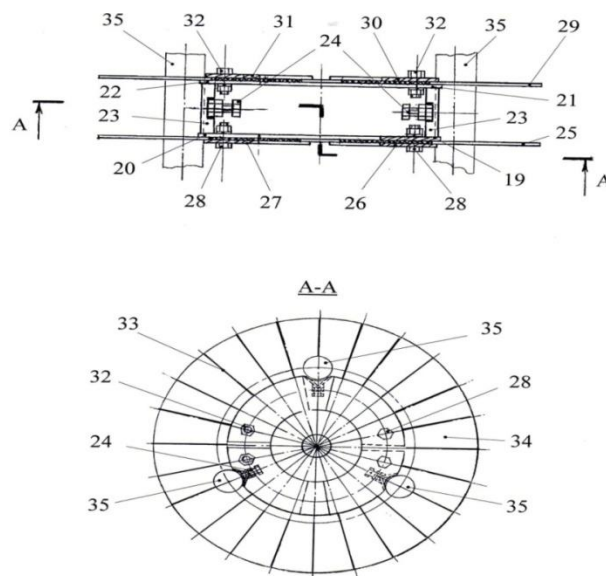


Рис. 6.9. Вловлювач-розподільник насіння – 25–29; 19–20 – нижні півкільця дискового вловлювача-розподільника; 21–22 – верхні півкільця; 23 – стійка, що з'єднує нижні та верхні півкільця; 24 – різучий гвинт кріплення вловлювача-розподільника до стійок; 35 – решітного барабана; 33 – радіальні пази на гумових приймачах; 36 – ротор, який через привод обертає весь решітний барабан вібросепаратора; 26–27 – півкільця, що кріплять гумовий вловлювач 25 та елементів кріплення 28; 30–31 – півкільця, що кріплять гумовий вловлювач 29 та елементів кріплення 32.

На рисунку 6.6–6.9 зображена принципова схема розміщення нових конструкційних елементів сепаратора вібровідцентрового, що пропонується в різних режимах сепарації зернового вороху та підготовлення високоякісного насіння.

Відповідно до поставленої мети очищення зернового вороху, підготовлення якісного насіння проводиться при об'єднанні різних технологічних режимів – попереднє, первинне та повне очищення на протязі однієї технологічної операції.

При попередньому очищенні зернового вороху в сепараторі встановлюється вловлювач-розподільник на нижній секції 6 решіт, у яких зернова маса по патрубку 16 при відкритті заслінки надходить на розкидач 13, що обертається, і віялом направляється на приймальний конус 14, після контакту з яким під силою ваги та інерції руху потрапляє на конус 15. Під впливом повітряного потоку, що надходить з вікон 11, легкі компоненти зернової суміші виносяться повітрям через

повітропровід 12 в осадову камеру, накопичуються там і вивантажуються за межі сепаратора. Очищена на первинній стадії повітряним потоком зернова маса з поверхні конуса 15 самопливом потрапляє на вторинний розкидач 17, що обертається разом з ротором 36, і за його допомогою рівномірним шаром товщиною, в залежності від кількості його надходження, направляється на решето верхньої секції 4 решітного барабана 3. Внаслідок дії відцентрової сили обертального руху компоненти зернової суміші притискаються до внутрішньої поверхні решета верхньої секції решета 4, а за рахунок ваги, сил інерції, тяжіння та коливального руху решіт рухаються зверху вниз.

Дрібні домішки проходять крізь отвори верхньої частини решета верхньої секції 4 решітного барабана 3 і потрапляють у лоток 7, звідки і видаляються.

А зернова суміш надходить на середню секцію 5 решітного барабана 3, де відбираються дрібні, щуплі, подрібнені зернівки, що направляються в лоток 8 і видаляються. Решта зернової маси потрапляє на нижню секцію 6 решітного барабана 3, значна частина якої просіюється крізь отвори решета, а та, що втрачає відцентрове прискорення, падає на гумовий вловлювач 25, і в цьому випадку, отримавши відцентрові прискорення, зернівки мають можливість для проходження крізь отвори решета нижньої секції 6 решітного барабана 3. Очищена зернова маса вивантажується в лоток, а різні засмічувачі, відхиляючи силою своєї ваги пелюстки 34, падають вниз, потрапляють із нижнього лотка 10 та вивантажуються.

При проведенні попереднього та первинного очищення зернового вороху у відцентровому сепараторі вловлювачі-розподільники встановлюють на нижній секції 6 решіт та середній секції 5 решіт, робота сепаратора при цьому аналогічна розглянутій вище до цієї секції. В цьому випадку прискорення зернівкам, що втрачають відцентрову дію, починають надавати вже на рівні середньої секції 5 решіт, а потім – на рівні нижньої секції 6 решіт.

А при проведенні об'єднаного очищення зернового вороху в режимі попереднього, первинного та повного очищення, тобто високоякісного сортового підготовлення насіння, за одне технологічне проходження при очищенні на

вібросепараторі встановлюють вловлювачі-розподільники на нижній секції 6 решіт, на середній секції 5 решіт та на верхній секції 4 решіт, рис. 6.8.

В такому випадку прискорення зернівкам, що втратили відцентрову енергію, починають додавати вже на рівні верхньої секції решіт, а потім – на рівні середньої секції 5 решіт та на рівні нижньої секції 6 решіт.

Отриманий після такого очищення матеріал можна розділити на такі фракції: дрібні, так звані мертві, домішки, у відхідну, не придатну для використання ні для яких цілей, у фуражну фракцію, у насіннєву, основну фракцію, що відповідає високим стандартам якості.

Застосування вібровідцентрового сепаратора нової конструкції, що пропонується, дасть можливість досягти наступного техніко-ефективного результату:

- 1) збільшується потрапляння доброякісних, придатних зернівок у кожен продуктивну фракцію;
- 2) зменшується потрапляння зернівок у відходи, особливо невикористовувані відходи, разом із компонентами збільшеної ваги;
- 3) підвищується якість кожної фракції;
- 4) особливо зростає якість насіннєвої фракції внаслідок відокремлення щуплих та недорозвинених зернівок, а також утримання особливо доброякісних, великої маси зернівок;
- 5) у результаті контакту з робочими елементами сепаратора з гумовими покриттями значно зменшується механічний вплив на травмування насіння, що позитивно впливає на його якість, особливо підвищується його схожість, що, безперечно, впливає на зростання урожайності культури;
- 6) зростає загальна ефективність та продуктивність роботи вібровідцентрового сепаратора в цілому.

Таким чином, вібровідцентровий сепаратор нової конструкції, що пропонується, відрізняється від відомої, що використовується, тим, що він виготовляється з можливістю додаткового забезпечення кожної решітної секції для сепарації зернового вороху вловлювачем-розподільником, який

встановлюється у горизонтальній площині та виконаний з можливістю регулювального переміщення в зоні кожної циліндричної решітної секції, де відбувається процес сепарації – очищення зернового вороху (рис. 6.6–6.9), та отримання високоякісного насіння за одне технологічне проходження, тобто комплексне очищення в режимі попереднього, первісного і повного з мінімальним травмуванням зернівок, що значно підвищує якість.

Кожний вловлювач-розподільник виготовлений за діаметром, що унеможливорює неконтрольоване проходження-падіння зернівок у систему видалення фракції відходів, з максимальною можливістю проходження-відбирання крізь нього предметів збільшеної ваги, а також у результаті застосування гумового матеріалу, що зменшує травмування зернівок, позитивно впливає на покращення якості насіннєвого матеріалу, збільшення урожайності культури (рис. 6.9).

З метою вдосконалення технологічного процесу сівби, зниження травмування та покращення умов росту і розвитку рослин зернових культур, максимального використання поживи води та сонячної енергії в роботі [6] розроблено нову конструкцію сошника дводискового для смугової сівби, що поданий на рис. 3.15–3.19.

6.2. Господарсько-економічна ефективність реалізованих наукових розробок

6.2.1. Ефективність зниження травмування та покращення якості насіння при збиранні

У результаті проведення наукових досліджень виявлено, що застосування інженерних рішень щодо модернізації молотильних апаратів та підбирання оптимальних режимів аксіально-роторного типу обмолочування і їх регулювання має суттєвий вплив на зниження травмування зернівок, що позитивно впливає на покращення якісних показників насіння пшениці, жита та інших культур.

Результати досліджень показують, що макротравмування після обмолочування роторним молотильним апаратом пшениці сорту Одеська 237 знизилася, у порівнянні з барабанним апаратом, на 3,8 %, а мікротравмування – на 12,4 %.

За інших умов вирощування та обмолочування різних сортів озимої пшениці ці показники навіть дещо вищі, інколи нижчі, тобто перебувають у межах 10–14 %.

Для розрахунку ефективності зниження травмування насіння пшениці при збиранні необхідно визначити, наскільки зменшилась кількість макротравмованого зернового матеріалу після обмолочування роторним молотильним апаратом у загальній масі зернового вороху 1000 т.

$$K_{\text{макротр.з.}} = \frac{Z_{\text{тр.}} \cdot K_{\text{заг.к.нас.}}}{100} = \frac{3,8 \cdot 1000}{100} = 38 \text{ т.}$$

Необхідно також розрахувати, наскільки зменшилась кількість мікротравмованого зернового матеріалу після обмолочування роторним молотильним апаратом у намолоченій загальній масі кількістю 1000 т.

$$K_{\text{мікротр.з.}} = \frac{Z_{\text{тр.}} \cdot K_{\text{заг.к.нас.}}}{100} = \frac{12,4 \cdot 1000}{100} = 124 \text{ т.}$$

Вартість зменшеної кількості макротравмованого зернового матеріалу після обмолочування роторним молотильним апаратом у гривнях має такий вигляд:

$$B_1 = B_{\text{ціна}} \cdot K_{\Sigma \text{тр.з.}} = 300 \text{ грн.} \cdot 38 \text{ т.} = 11400 \text{ грн.}$$

Вартість зменшеної кількості мікротравмованого зернового матеріалу після обмолочування роторним молотильним апаратом у гривнях:

$$B_2 = B_{\text{ціна}} \cdot K_{\Sigma \text{тр.з.}} = 1775 \text{ грн.} \cdot 124 \text{ т.} = 220100 \text{ грн.}$$

Загальна ефективність зниження травмування зерна при збиранні комбайном з аксіально-роторним молотильним апаратом, згідно з результатами наукових досліджень, становить:

$$E_{\text{заг.еф.обмол.}} = B_1 + B_2 = 11400 + 220100 = 231400 \text{ грн.}$$

6.2.2. Ефективність зниження травмування та покращення якості насіння при післязбиральному підготовленні

Враховуючи значний рівень травмування зернівок на всіх стадіях їх післязбирального підготовлення, впливу робочих елементів зерноочисних

машин, зерноавантажувачів та протруювачів, а також використавши отримані результати експериментальних, виробничих і лабораторних досліджень, розроблені інженерно-конструкторські рішення вдосконалення вібровідцентрових сепараторів БЦСМ-25 та СВС-25.

Такі вдосконалення висвітлені у попередньому розділі цієї роботи, де наведено конкретні патентні підтвердження, згідно з якими запропоновані вдосконалення надходження та проходження зернового вороху на розподільнику, конусі, покращення вентилявання повітряною масою, зниження травмування насіння внаслідок оброблення поверхонь гумою окремих робочих елементів машини, відбирання та повернення на доочищення на окремих стадіях технологічного процесу.

При очищенні зернового вороху експериментальною машиною у Житомирському обласному центрі експертизи сортів рослин значно зменшилося травмування і подрібнення зернівок та покращилися їхні чистота і якість. Тобто травмування зернівок пшениці зменшилося на 11,8 %, подрібнення – на 0,95 %, а втрати у відходи – на 1,5 %.

Кожних 10 % травмованих зернівок озимих зернових культур знижують лабораторну і польову схожість на 1,5 %.

Вдосконалення та модернізація окремих робочих елементів вібровідцентрових сепараторів БЦСМ-25 та СВС-25, що впливають на зниження мікротравмування насіння та покращення умов його підготовки і підвищення показників якості, здійснювалися за рахунок модернізації розкидача-розсіювача, пневмосепаруючого пристрою «Ромашка», внутрішньої частини корпусу сепаратора та розміщення нової конструкції вловлювача-розподільника.

Таким чином, запровадження таких конструктивних рішень на експериментальній машині забезпечило зниження травмування насіння озимої пшениці на 11,8 % та покращило якість його підготовки в сукупності на 12,4 %, а жита, відповідно, на 19,9 %, 1,9 % та 21,5 %.

Економічну ефективність, в зв'язку зі збільшенням урожайності озимої пшениці та жита, можна визначити за наступним виразом:

$$\varepsilon_{зб.урож.} = B_1 - B_2 = C_{зак.}(K_1 - K_2) = C_{з.н.ц.} \cdot \Delta K$$

B_1 нас.пш. – вартість насіння після оброблення на машині до модернізації грн;

B_2 нас.пш. – вартість насіння після оброблення на модернізованому вібросепараторі, грн.

Показники, що впливають на економічну ефективність підготовки насіння озимої пшениці після збирання, визначають за наступними формулами:

$$\Delta K = \frac{P_{пс} \cdot \Delta Y_{з.ц.}}{10};$$

$$P_{спс} = K_3 \cdot t_3 \cdot n_3 \cdot n_g \cdot k_r;$$

$$\Delta Y = \frac{m_{в.з.га} \cdot \Delta T_{з.т.н.}}{100};$$

$$P_{заг.н.} = \frac{10 \cdot P_{с.п.с.} \cdot t_n}{y};$$

$$K_{н.н.з.м.} = \frac{H_B}{y};$$

$$t_n = t_{сез.н.} \cdot K_{н.з.м.};$$

$$t_{с.п.р.} = t_{год.з.} \cdot n_{дн.} \cdot n_{зм.}.$$

Після розглянутих розрахунків кінцева формула ефективності впливу зниження травмування на зростання урожайності пшениці буде мати наступний вигляд:

$$\varepsilon_{еф.ур.пш.} = \frac{C_{в.н.} \cdot P_{с.п.с.} \cdot t_n \cdot H_B \cdot m_{га} \cdot \Delta T_{з.т.н.} \cdot \Delta Y}{100 \cdot y^2}$$

K_1 – K_2 – кількість насіння, обробленого на вібросепараторі до і після модернізації, т;

$C_{з.ц.н.}$ – закупівельна ціна насіння, грн/т;

ΔK – зростання продуктивності зерноочисної машин від збільшення урожайності з урахуванням зменшення травмування насіння, т;

$P_{с.п.с.}$ – сезонна продуктивність вібросепаратора, т;

y – урожайність озимої пшениці або жита, ц/га;

ΔY – зростання урожайності від зниження травмування насіння, ц/га;

$K_{н.н.з.м.}$ – коефіцієнти наявності насіння у загальній масі очищеного урожаю;

$P_{заг.нас.}$ – загальне навантаження на вібросепаратор при підготовленні насіння, т.;

H_B – норма висіву насіння, ц/га;

$M_{в.га}$ – втрати зерна з 1 га при травмуванні 1% насіння, кг/га;

$\Delta T_{з.т.н.}$ – зниження травмування насіння, %;

t_n – час очищення насіння, год.;

$t_{с.н.}$ – сезонний період роботи вібросепаратора, год.;

$K_з$ – коефіцієнт кількості насіння в загальній кількості зернової маси.

Ефективність використання модернізованого вібросепаратора розраховуємо згідно з даними отриманих результатів та виконаних розрахунків.

Загальна кількість травмованого насіння пшениці, що отримано після очищення його на базовій зерноочисній машині – вібросепараторі за сезонний період, т:

$$З_{\Sigma тр.б.м.} = \frac{З_{тр.} \cdot K_{заг.к.н}}{100\%} = \frac{3,5\% \cdot 5400}{100\%} = 189 \text{ т.}$$

Загальна кількість травмованого насіння, яку отримано після його підготовки на модернізованій зерноочисній машині-вібросепараторі СВС-25 за сезонний період:

$$З_{\Sigma тр} = \frac{З_{тр.} \cdot K_{з.к.н}}{100} = \frac{1,5\% \cdot 5400}{100} = 81 \text{ т.}$$

Вартість травмованого насіння пшениці, отриманого після підготовки на базовій очисній машині, гривні:

$$B_1 = B \cdot З_{\Sigma тр.б.м.} = 300 \cdot 189 = 56700 \text{ грн.}$$

Вартість травмованого насіння пшениці, отриманого після очищення на модернізованому вібросепараторі:

$$B_2 = B \cdot З_{\Sigma тр.б.м.} = 300 \cdot 81 = 24300 \text{ грн.}$$

Ефективність від зменшення травмованого насіння пшениці:

$$\varepsilon_{з.м.м.тр.н} = B_1 - B_2 = 56700 - 24300 = 32400 \text{ грн.}$$

$$П_{с.п.с.} = 25 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,9 = 5400 \text{ т}$$

$$\Delta Y = \frac{20 \cdot 19,9}{100} = 2,99 \text{ ц.}$$

$$K_{н.з.м.} = \frac{1,99}{5033} = 0,06;$$

$$t_{с.п.с.} = 10 \cdot 12 \cdot 2 = 240 \text{ год. ;}$$

$$t_n = 240 \cdot 0,06 = 14,4 \text{ год. ;}$$

$$E_{\text{к.еф.н.ж.}} = \frac{280 \cdot 54000 \cdot 14,4 \cdot 1,9 \cdot 0,2 \cdot 19,9 \cdot 2,99}{100 \cdot 1089} = 45205,8 \text{ грн.}$$

Отримані результати згідно з наведеними розрахунками показують, що ефективність за рахунок зниження мікротравмування і зростання урожайності та якості становлять 45206 грн, а також за рахунок зниження макротравмування насіння – 32400 гривень, тобто при зниженні пошкоджень ефективність використання реконструйованого вібросепаратора БЦСМ-25 або СВС-25 становитиме 77606 гривень при підготовленні 5400 тонн насіння, яким буде засіяно 20000 гектарів.

На 1 т очищеного насіння економічна ефективність за рахунок зниження травмувань тільки на 11,8 %, згідно з дослідженнями, становитиме понад 14 грн, а якщо цей показник довести до десятків тисяч т, що цілком можливо, то ефективність зросте в рази. В такому випадку повністю окупається вартість конструювання всієї машини, а не тільки деякі конструкційні зміни, протягом одного-двох сезонів.

Тобто зниження травмування насіння при його очищенні є важливим резервом підвищення якості насіння та урожайності озимої пшениці і, як наслідок, зростання рентабельності її виробництва.

Ефективність впливу зниження мікротравмування, підвищення урожайності та покращення якості насіння озимого жита визначимо аналогічно до розрахунків насіння озимої пшениці.

$$P_{\text{спс}} = 25 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,9 = 5400 \text{ т.}$$

$$\Delta Y = \frac{20 \cdot 11,8}{100} = 2,36 \text{ ц.}$$

$$K_{\text{н.з.м.}} = \frac{2,7}{50} = 0,054;$$

$$t_{\text{с.п.р}} = 10 \cdot 12 \cdot 2 = 240 \text{ год.}$$

$$t_{\text{н}} = 240 \cdot 0,054 = 12,96 \text{ год.}$$

$$E_{\text{еф.ур.пш.}} = \frac{320 \cdot 54000 \cdot 12,96 \cdot 2,7 \cdot 0,20 \cdot 11,8 \cdot 2,36}{100 \cdot 2500} = 13470,9 \text{ грн.}$$

Загальна кількість травмованого насіння, що отримана після очищення на базовій зерноочисній машині-сепараторі за сезонний період, т:

$$Z_{\Sigma \text{тр.}} = \frac{4,48 \cdot 5400}{100} = 241,9 \text{ т.}$$

Загальна кількість травмованого насіння жита, що отримана на модернізованій зерноочисній машині-сепараторі за сезонний період:

$$Z_{\Sigma \text{тр.}} = \frac{2,2 \cdot 5400}{100} = 118,8 \text{ т.}$$

Вартість травмованого зернового матеріалу жита, отриманого після підготовлення на базовій зерноочисній машині, грн:

$$B_1 = B \cdot Z_{\Sigma \text{тр.}} = 300 \cdot 241,9 = 72570 \text{ грн.}$$

Вартість травмованого зернового матеріалу жита, отриманого після підготовлення на реконструйованому вібросепараторі, грн:

$$B_2 = B \cdot Z_{\Sigma \text{тр.}} = 300 \cdot 118,8 = 35640 \text{ грн.}$$

Ефективність від зменшення травмування насіння жита на вібросепараторі після виконання конструктивних рішень:

$$\varepsilon_{\text{зм.м.тр.н}} = B_1 - B_2 = 72570 - 35840 = 36930 \text{ грн.}$$

Ефективність впливу зниження загальних травмувань насіння озимого жита становитиме:

$$\varepsilon_{\text{заг.н.ж.}} = \varepsilon_{\text{нас.}} + \varepsilon_{\text{зн.мтр.н.}} = 13471 + 36930 = 50401 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальна ефективність впливу зниження травмування озимої пшениці та озимого жита, покращення якості насіння та підвищення урожайності при підготовленні на вібросепаруючій зерноочисній машині після виконання конструктивних рішень при підготовленні 5400 т насіння кожної культури становитиме:

$$\varepsilon_{\text{заг.оз.культур}} = 77606 + 50401 = 128007 \text{ грн.}$$

Отримані результати розрахунків ефективності за рахунок зниження травмування насіння озимої пшениці та жита і підвищення урожайності при їх підготовленні на модернізованому вібросепараторі за сезон становлять 128007 гривень.

6.2.3. Ефективність зниження травмування та покращення умов розподілення, розміщення в ґрунті та проростання насіння при сівбі дисковим сошником нової конструкції

Результати наукових досліджень показали, що використання сошника нової конструкції зернової сівалки забезпечило зниження травмування насіння озимих зернових культур та позитивно вплинуло на зростання їх урожайності.

Отримані дані засвідчили, що рівень травмування насіння озимої пшениці після його проходження по розподільчій пластині, покритій гумовим матеріалом, знизився на 3,1 %, а жита – на 4,0 %.

Сприятливе розміщення зернівок по ширині смуги, а не в рядку створило оптимальні умови для проростання і кращого використання в період вегетації вологи, поживних речовин, сонячної енергії та інтенсивнішого пригнічення розвитку бур'янів, яких значно зменшилося на одиниці площі посіву, а урожайність озимої пшениці зросла на 8,1 цнт, жита – на 5,2 центнера на гектарі посіву.

Значно покращилися також, як наслідок, показники якості насіння цих культур.

Для виконання розрахунку ефективності зниження травмування насіння озимих зернових культур при сівбі сошником нової конструкції необхідно визначити, на яку кількість зменшилося мікротравмованого насіння після розміщення зернівок у ґрунті.

$$K_{\text{мікротр.н.оз.пшен.}} = \frac{Z_{\text{тр.}} \cdot K_{\text{з.к.н.}}}{100} = \frac{3,1 \cdot 1000}{100} = 31 \text{ т.}$$

$$K_{\text{мікротр.н.оз.жита}} = \frac{Z_{\text{тр.}} \cdot K_{\text{з.к.н.}}}{100} = \frac{4,0 \cdot 1000}{100} = 40 \text{ т.}$$

Вартість зменшеної кількості травмованого насіння озимої пшениці після сівби реконструйованим дисковим сошником.

$$B_1 = B_n \cdot K_{\Sigma \text{тр.н.}} = 3200 \cdot 31 = 99200 \text{ грн,}$$

або 99,2 грн на кожній тонні насіння, яким було засіяно 3,7 га, на 1 га вартість склала 26,8 грн.

Вартість зменшеної кількості травмованого насіння озимого жита, відповідно, становила:

$$B_2 = B_n \cdot K_{\Sigma \text{тр.н.}} = 2800 \cdot 40 = 112000 \text{ грн,}$$

або 112 грн на кожній тонні насіння, яким було засіяно 5,3 га, на 1 га вартість склала 21,1 грн.

Для розрахунку загальної ефективності впливу застосування сошника нової конструкції необхідно також розрахувати вартість додаткового зерна за рахунок приросту урожаю від застосування такого способу посіву реконструйованим сошником.

$$B_{1\text{еф.пр.ц.п.}} = Ц \cdot K_{\Sigma \text{пр.ур.}} = 32 \cdot 5,1 = 163 \text{ грн на 1 гектарі.}$$

$$B_{2\text{е.п.ц.п.}} = Ц \cdot K_{\Sigma \text{пр.ур.}} = 28 \cdot 4,2 = 118 \text{ грн на 1 гектарі.}$$

Таким чином загальна ефективність зниження травмування насіння та приріст урожайності від зниження травмування і застосування дискового сошника нової конструкції для озимої пшениці та жита на 1 га посіву становить:

$$\varepsilon_{\text{заг.оз. пшен.}} = \varepsilon_{\text{з.тр.}} + \varepsilon_{\text{пр.урож}} = 26,8 + 163 = 189,8 \text{ грн.}$$

$$\varepsilon_{\text{заг.оз. жита.}} = \varepsilon_{\text{з.тр.}} + \varepsilon_{\text{пр.урож}} = 21,1 + 117,6 = 138,7 \text{ грн.}$$

6.2.4. Розрахунок сезонної економічної ефективності при підготовленні товарного зерна та насіння озимих зернових культур на експериментальному вібровідцентровому сепараторі в умовах виробництва і на експериментальній лабораторній установці

У результаті проведення наукових досліджень встановлено, що використання реконструйованих зерноочисних вібросепараторів забезпечує можливість покращити якість очищення зернового вороху озимих культур та значно підвищує економічно-фінансовий стан підприємства при підготовленні насіння, продовольчого і товарного зерна.

Запропонований варіант нових конструкцій робочих елементів вібросепаратора БЦСМ-25 або СВС-25 включає розкидач-розсіювач зернової маси, пневмосепаруючий пристрій, затримувач-розподільник насіння, обробіток гумою «ромашки» та оснащення внутрішньої частини корпусу гумою.

Необхідні дані для розрахунку сезонної економічної ефективності експериментального вібросепаратора з новими конструктивними робочими елементами та базового наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

**Дані для розрахунку сезонної техніко-економічної ефективності
при підготовленні насіння реконструйованим вібросепаратором**

Показники	Позна- чення	Одиниці виміру	Базовий варіант, Б	Експери- ментальний Е
1	2	3	4	5
1. Вартість зерноочисної машини, грн	B_1	грн	67605 без ПДВ	69352
2. Вартість розкидача- розсіювача, грн	B_2	грн	-	360
3. Вартість пневмосепаруючого пристрою, грн	B_3	грн	-	780
4. Вартість розподільника- вловлювача, грн	B_4	грн	-	395
5. Вартість гумового покриття «Ромашки», грн	B_5	грн	-	26
6. Вартість гумового покриття корпуса, грн.	B_6	грн	-	186
7. Зростання ціни експериментальної машини, грн.	B_7	грн	-	1747
8. Використання автотранспорту	B_8	грн	1000	1000
9. Кількість обслуговуючих працівників	л	л	2	2
10. Тарифна оплата оператора	грн/л.г.	20/1	160	160
11. Сезонне завантаження машини	t	год	100	100
12. Продуктивність	П	т/год	25	25
13. Встановлена потужність електродвигунів:				
ротора-вібросепаратора;	N	кВт	4,4	4,4
вентилятора;	N	кВт	3,5	3,5
приводу завантаження;	N	кВт	2,2	2,2
приводу вивантаження.	N	кВт	1,1	1,1

Закінчення таблиці 6.1.

1	2	3	4	5
14. Вартість електроенергії	$C_{\text{ел.}}$	грн	1,22	1,22
15. Коефіцієнт відрахувань на поб.рем. і ТО	Пр-то	%	10,1	10,1
16. Ціна реалізації:				
насіння;	C_n	3345	3200	3200
товарного зерна;	$C_{\text{тз}}$	1775	1600	1600
фуражного зерна.	$C_{\text{фз}}$	450	1080	1080

Економічну ефективність за рахунок реалізації насіння, продовольчого і фуражного зерна та фуражних відходів вираховуємо за формулою:

$$\varepsilon = K_n \cdot C_n + K_{\text{ф}} \cdot C_{\text{ф}} - K_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}}$$

C_n – закупівельна ціна насіння;

$C_{\text{п}}$ – закупівельна ціна продовольчого зерна;

$C_{\text{ф}}$ – закупівельна ціна фуражного зерна та фуражних відходів;

K_n – кількість насіння;

$K_{\text{п}}$ – кількість продовольчого зерна;

$K_{\text{ф}}$ – кількість фуражного зерна та фуражних відходів.

Оптимальні періоди збиральних робіт – 12–14 днів, протягом яких тут використані базова та експериментальна машини за умови двозмінної роботи проведення очищення зернового вороху.

$$M = \Pi \cdot t_3 \cdot n_3 \cdot D \cdot P$$

M – кількість очищеного зернового вороху – 5040 т;

Π – продуктивність вібросепаратора – 25т/год.;

t – тривалість зміни – 8 год.;

n_3 – кількість змін – 2 зміни;

D – кількість днів роботи – 14 днів;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

У 2013 році на ринку реалізації склалися наступні ціни: – середні значення цін на пшеницю: насіння – 3345 грн, продовольче товарне зерно – 1775 грн, фуражне зерно – 1080 грн, фуражні відходи – 600 грн.

На жито ціни становили: насіння – 2800 грн, продовольче зерно – 1660 грн, фуражне зерно – 950 грн, фуражні відходи – 400 грн.

Розрахунок сезонної економічності ефективності підготовлення насіння на експериментальній зерноочисній машині-вібросепараторі вираховуємо за формулою:

$$\epsilon_{\text{заг. еф.}} = \epsilon_{\text{еф. експ. сеп.}} - \epsilon_{\text{еф. баз. сеп.}}$$

При використанні базового вібросепаратора отримано зернового матеріалу на насіння і продовольчі цілі – 61,4 % від загальної кількості обробленого зернового вороху, відходів на фуражні цілі – 34,2 %, непридатних відходів – 4,4 %.

При обробленні зернового вороху на експериментальному вібросепараторі отримано зернового матеріалу на насіння і продовольчі цілі – 74,9 %, відходів на фуражні цілі – 23,3 %, непридатних відходів – 1,8 %.

Таким чином, якщо Π – 25 т/год, t_3 – 8 год., n_3 – 2, D – 12, P – 0,9, то буде очищено зернового вороху:

$$M = 25 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 14 \cdot 0,9 = 5040 \text{ т.}$$

У цьому випадку при очищенні на базовому варіанті отримаємо зерна пшениці на насіння і продовольчі цілі – 3095 т, відходів на фуражні цілі – 1723 т, непридатних відходів – 222 т, а при очищенні на експериментальній машині отримаємо зерна на насіння і продовольчі цілі – 3775 т, відходів на фуражні цілі – 1174 т, непридатних відходів – 91 т.

Розрахунок ефективності базового та експериментального вібросепаратора вираховуємо за формулами:

$$\epsilon_{\text{е.б.с.}} = 1775 \cdot 3095 - 1080 \cdot 1723 = 5493625 - 1860840 = 3632785 \text{ грн.}$$

$$\epsilon_{\text{е.е.с.}} = 1775 \cdot 3775 - 1080 \cdot 1174 = 6700625 - 1267920 = 5432705 \text{ грн.}$$

$$\epsilon_{\text{з.е.е.с.}} = 5432705 - 3632785 = 1799920 \text{ грн.}$$

При обробленні зернового вороху жита на експериментальному вібросепараторі отримано зернового матеріалу на насіння і продовольчі цілі 74,2 %, відходів на фуражні цілі – 23,8 %, непридатних відходів – 2,0 %.

У цьому випадку при очищенні на експериментальній машині отримано зерна жита на насіння і продовольчі цілі 3740 т, відходів на фуражні цілі – 1199 т, непридатних відходів – 100,8 т.

Під час очищення зернового вороху жита на базовому вібросепараторі отримано зернового матеріалу на насіння і продовольчі цілі 60,6 %, відходів на фуражні цілі – 34,6 %, непридатних відходів – 4,8 %.

Після оброблення зернового вороху жита на базовому варіанті отримано зернового матеріалу на насіння і продовольчі цілі 3054 т, відходів на фуражні цілі – 1744 т, непридатних відходів 242 т.

$$\varepsilon_{\text{е.е.с.}} = 1660 \cdot 3740 - 850 \cdot 1199 = 6208400 - 1019150 = 5189250 \text{ грн.}$$

$$\varepsilon_{\text{е.е.с.}} = 1660 \cdot 3054 - 850 \cdot 1744 = 5069640 - 1482400 = 3587240 \text{ грн.}$$

$$\varepsilon_{\text{з.е.е.с.}} = 5189250 - 3587240 = 1602010 \text{ грн.}$$

Розрахунок показників економічної ефективності проводиться у відповідності з ГОСТ-23728-88-23730-88 та відповідними рекомендаціями.

Згідно з цими нормативно-правовими документами, економія прямих експлуатаційних затрат на одиницю виробництва продукції визначається зі зміни затрат на інновацію, поточний ремонт, технічне обслуговування і затрати на електроенергію.

$$\Delta \varepsilon_{\text{е.п.е.з.}} = (Z_{\text{е}} - Z_{\text{б}}) + (P_{\text{е}} - P_{\text{б}}) + (G_{\text{е}} - G_{\text{б}}) \text{ грн/год.}$$

$\Delta \varepsilon_{\text{е.п.е.з.}}$ – економія прямих експлуатаційних затрат на одиницю продукції, грн/год.;

$Z_{\text{е}}, Z_{\text{б}}$ – затрати на інновацію експериментальної та базової зерноочисної машини, грн.;

$P_{\text{е}}, P_{\text{б}}$ – затрати на поточний ремонт та техобслуговування обох варіантів машин;

$G_{\text{е}}, G_{\text{б}}$ – затрати на електроенергію для експериментальної і базової машини;

Z – загальні затрати на інновацію зерноочисних машин розраховуємо:

$$Z = \frac{B_{\text{с}} \cdot V}{100 \cdot t \cdot \Pi} \text{ грн/т.,}$$

$B_{\text{с}} = 1,2 \cdot V$ – балансова вартість зерноочисної машини.

$$З_{\text{екс.}} = \frac{1,2 \cdot 69352 \cdot 12}{100 \cdot 100 \cdot 25} = 3,99 \text{ грн/т.}$$

$$З_{\text{баз.}} = \frac{1,2 \cdot 67605 \cdot 12}{100 \cdot 100 \cdot 25} = 3,89 \text{ грн/т.}$$

Питомі затрати на поточні ремонти і техобслуговування машин розраховуються так:

$$P = \frac{B_c \cdot N_p}{100 \cdot t \cdot \Pi}$$

$$P_{\text{експ.}} = \frac{1,2 \cdot 69352 \cdot 10,1}{100 \cdot 100 \cdot 25} = 3,36 \text{ грн/т.}$$

$$P_{\text{баз.}} = \frac{1,2 \cdot 67605 \cdot 10,1}{100 \cdot 100 \cdot 25} = 3,28 \text{ грн/т.}$$

Питомі затрати на електроенергію визначаємо за формулою:

$$\Gamma = \frac{N \cdot C_{\text{ел.}}}{\Pi} \text{ грн/т.,}$$

де N – потужність електродвигунів, кВт;

$C_{\text{ел.}}$ – вартість електроенергії, грн/кВт·год.

$$\Gamma_{\text{екс.}} = \frac{6,8 \cdot 1,22}{25} = 0,33 \text{ грн т.};$$

$$\Gamma_{\text{баз.}} = \frac{6,8 \cdot 1,22}{25} = 0,33 \text{ грн т.}$$

Сезонну економію прямих затрат при очищенні визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon_{\text{с.е.п.з.}} &= (З_{\text{е}} - З_{\text{б}}) + (P_{\text{е}} - P_{\text{б}}) + (\Gamma_{\text{е}} - \Gamma_{\text{б}}) \cdot 10 \cdot 100 = \\ &= (0,39 - 3,89) + (3,36 - 3,28) + (0,33 - 0,33) = -180 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Сезонна економічна ефективність за рахунок підвищення якості підготовленого насіння на машині модернізованої конструкції становитиме:

$$\varepsilon_{\text{с.е.е.}} = \varepsilon_{\text{з.с.е.е}} = \Delta \varepsilon_{\text{с.е.п.з.}} = 1799920 - 180 = 1799740 \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначимо за формулою:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{-K_n \cdot \frac{1 - K_0 \cdot N \cdot S}{\varepsilon_{\text{с.оч}}}}{K_n \cdot 1 + N \cdot S}$$

K_0 – загальні затрати із конструктивним вдосконаленням;

$N \cdot S$ – коефіцієнти річної відсоткової ставки ($N \cdot S = 0,17$).

$$T_{\text{ок.}} = \frac{K_n \cdot 1 - \frac{Z_0 \cdot N \cdot S}{\varepsilon_{\text{с.оч}}}}{K_n \cdot 1 + N \cdot S} = \frac{K_n - \frac{69352 \cdot 0,17}{1799740}}{K_n \cdot 1 + 0,17} = \frac{0,28 \cdot 0,993449}{0,140 \cdot 1,17} = \frac{0,285120}{0,163800} = 1,74$$

Економічна ефективність застосування зерноочисної машини при використанні протягом 10 років розраховується так:

$$\varepsilon_{\text{е.з.з.м.}} = \varepsilon_{\text{сез.}} \cdot \frac{1 + NS \cdot \Pi - 1}{NS}$$

Π – період використання зерноочисної машини, 10 років.

$$\varepsilon_{\text{е.з.з.м.}} = 1799740 \cdot \frac{1 + 0,17 \cdot 9 - 1}{0,17} = 1799740 \cdot 18,08 = 325391299 \text{ грн.}$$

Річний коефіцієнт ефективності вкладень, які показують середню відносну величину зростання суми економічної ефективності, визначаємо за формулою:

$$K_{\text{р.к.е.}} = \frac{\varepsilon_{\text{п.вик.}}}{\varepsilon_{\text{сез.}}}^{1_K} - 1 = \frac{3253999}{1799740}^{1_K} - 1 = 18,08^{1_9} - 1 = 1,379 - 1 = 0,379$$

Таким чином, сезонна економічна ефективність від запровадження конструктивних технічних рішень становить 1799740 грн, сума коштів, яка може накопичуватися за період використання машини, становитиме 32539999 грн, а сезонний коефіцієнт ефективності вкладень значно вищий від ставки банківського кредиту $K=0,38 > NS=0,17$.

6.2.5. Загальна техніко-економічна ефективність запропонованих заходів та технічних засобів зниження травмування насіння в процесі обмолочування, післязбирального підготовлення та сівби

Результати експериментальних, виробничих і лабораторних наукових досліджень та розрахунків показали, що виконані конструкторські рішення окремих робочих елементів технічних засобів на збиранні, післязбиральному підготовленні насінневого матеріалу та сівбі озимих зернових культур, і зокрема озимої пшениці, показують суттєву економічну ефективність їх запровадження, що сприятиме сільськогосподарським підприємствам у покращенні свого фінансово-економічного стану від підвищення рентабельності виробництва насіння.

Загальна ефективність запровадження інженерно-конструкторських рішень на цих етапах підготовлення 1 т насіння озимої пшениці буде наступна:

$$\varepsilon_{\text{з.е.}} = \varepsilon_{\text{з.}} + \varepsilon_{\text{о}} + \varepsilon_{\text{е}} = 48,6 \text{ грн} + 64,2 \text{ грн} + 9,3 \text{ грн} = 122,1 \text{ грн.}$$

Якщо виробляти та обробляти навіть 1 млн т насіння озимих зернових культур при такій технології, то загальна економічна ефективність становитиме понад 122,1 млн грн, що буде суттєвим додатковим фінансовим резервом покращення економічного стану агропромислових підприємств.

Визначення економічних показників ефективності виконано відповідно до ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23729-88, ГОСТ 23730-88.

6.3. Впровадження та практичне значення одержаних результатів

Ефективність впровадження та практичне значення одержаних результатів визначалися згідно з обґрунтуванням на основі математичних моделей, що визначають закономірності процесів роботи робочих органів та біологічних і фізико-механічних особливостей насіння при збиранні зернових культур, обробленні зернового вороху, підготовленні, переміщенні та протруюванні насіння і сівбі, а також впливу цих процесів на травмування і якість насіння. Визначалися їх виробничі характеристики, обґрунтовувалися конструкційні параметри, режими роботи та технологічні вдосконалення для підвищення їх ефективності, зниження травмування і пошкодження насіння, для покращення його якості.

Отримані результати досліджень використано для виготовлення експериментальних машин типу БЦСМ, які застосовувалися на обробленні насіння озимих зернових культур, а також зернової сівалки із дисковим сошником нової конструкції на сівбі зернових культур на підприємствах ПАТ «Червона зірка», м. Кіровоград; «Житомирський обласний державний центр експертизи сортів рослин», м. Житомир; ФОП «Тарасевич», м. Житомир; СВТП «Механік», м. Житомир; ПП «Україна», Попільнянський район Житомирської області; ПП «Галекс-Агро», Новоград-Волинський район Житомирської області, СВК «Маяк», Оратівський район Вінницької області; ПП «Стецівське», Звенигородський район Черкаської області, що підтверджується актами впровадження результатів наукової роботи.

Використання зазначених технічних засобів забезпечує вагому сезонну економічну ефективність в залежності від кількості підготовленого насіння та фінансові надходження.

Новизну запропонованих конструкційних і технічних рішень захищено 6 патентами на винаходи.

Висновки до розділу

1. Розроблена конструкція пневмосепаруючого пристрою сепаратора вібровідцентрового у якого поверхні розподільника пневмосепаруючого пристрою, приймального конуса і кожуха, що контактують із насінням, виконані з пом'якшувального покриття у вигляді гумової футерівки, що суттєво знижує мікротравмування і покращує якість.

Розроблена конструкція відрізняється від серійної тим, що лопатки двох розмірів, поперемінно встановлені між внутрішньою та зовнішньою поверхнями подвійного конуса, а подвійний конус виконаний з вибірками на його зовнішній поверхні, причому вибірки виконані за кількістю відповідно до залежності $N=A/2$, де N – кількість вибірок, A – кількість лопаток забезпечують геометричну форму, яка є в плані багатокутником з N секторами, а поверхні пристрою покритті шаром гуми, що знижує травмування та покращує якість насіння при його проходженні через пристрій.

2. Вдосконалена конструкція відцентрового, розкидного, пневмосепаруючого пристрою зерносепаратора, що дозволяє вільний прохід повітря між ними, причому, кут зовнішньої поверхні дозволяє вільному розподіленню зернового вороху, що дорівнює куту $100-105^\circ$, а додаткові повітряні вікна виконані на боковій поверхні конуса із забезпеченням всмоктування повітря з боку нижньої площини конусного каскаду та на верхній поверхні і виконані у вигляді жалюзі з напрямком, протилежним напрямку обертання розподільника пневмосепаруючого пристрою.

Відповідна конструкція забезпечує рівномірне розподілення зернового шару покращеним продуванням повітрям та очищення від легких домішок і їх видалення, сприяє подальшому, кращому очищенню та підготовленню якісного, менш травмованого насіння.

3. Розроблена конструкція сепаратора вібровідцентрового обладнана новим, запатентованим робочим органом, вловлювачем-розподільником і відрізняється від серійного тим, що сепаратор виготовлений з можливістю додаткового забезпечення кожної циліндричної решітної секції для очищення насіння такими дисковими розподільниками, які встановлені в горизонтальній площині та виконані з можливістю регульованого переміщення в зоні кожної решітної секції або розміщення їх у всіх секціях одночасно, для підготовлення високоякісного насіння при одноразовому очищенні, тобто в універсальному, комплексному новому режимі попереднього, первинного і повного, з мінімальним травмуванням зернівок, підвищення їх якості та загальної ефективності і продуктивності вібросепаратора.

4. Розроблена конструкція сошника дводискового у якого замість рядкового розподільника встановлений новий робочий орган розподільча пластинка під кутом $15-45^{\circ}$ до горизонту, шириною, співрозмірною з відстанню між борознами, – 8 см, на якій розміщені штирі у шаховому порядку, на відстані 15 мм один від одного, діаметром 2 мм, довжиною 10–15 мм, розташовані у 9 рядів по 4–5 штирів у ряду.

Така конструкція забезпечує рівномірне розподілення насіння в ґрунті у вигляді смуги, а не в рядку, що сприятиме кращому використанню вологи, поживи та сонячної енергії, а забезпечення пластини і штирів гумовим покриттям зменшить травмування насіння при сівбі, покращить його якість, суттєво збільшить урожайність та валові збори зернових культур.

5. Результати дослідження сезонної економічної ефективності у межах господарства зниження травмування зерна при збиранні комбайном з роторним молотильним апаратом до барабанного становить 231 400 грн згідно закупівельних цін.

6. Сезонна економічна ефективність підготовки насіння на експериментальній вібровідцентровій очисній машині становили 1779740 гривень.

7. Економічна ефективність зниження травмування насіння та покращення якості його розподілення на підшві ґрунту при сівбі, в результаті створення сприятливих умов росту та розвитку рослин з кращим використанням вологи, поживи і сонячної енергії, у грошовому виразі на 1га озимої пшениці та жита становила 190 грн і 139 грн.

8. Загальна техніко-економічна ефективність запровадження запропонованих заходів і модернізованих технічних засобів щодо підвищення ефективності та продуктивності роботи і зниження травмування та покращення якості насіння при збиранні, післязбиральному підготовленні та сівбі за сезон у межах господарства становить 3777247 гривень.

9. Сума коштів накопичення, при умові використання технічних засобів у господарстві за 10 років їх експлуатації із врахуванням відсоткової кредитної ставки, техніко-економічної ефективності запропонованих конструкторсько-технологічних розробок і інженерних рішень, становитиме 32391299 гривень, що безумовно буде суттєвим показником соціально фінансової стабільності та перспективного розвитку будь-якого аграрного підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-технічну проблему, яка полягає у теоретичному і конструкційно-технологічному вдосконаленні та розробленні високоефективних технічних засобів для комплексної реалізації процесів підготовки високоякісного насіння і сівби зернових культур шляхом зниження його макро- та мікротравмування.

1. Збирання зернових культур за вологості зернівок більше 30% та значного впливу механічних навантажень у зоні раптової зміни швидкості хлібної маси як за величиною, так і за напрямком, призводить до деформування, травмування та зниження якості насіння, погіршує його польову схожість на 20–25 %, що приводить до зниження урожайності. Тому обмолочування зернових культур та підготовки їх насіння необхідно проводити за вологості 15–16 % із застосуванням оптимальних способів та засобів, що забезпечують мінімальні механічні навантаження.

2. Розроблені математичні моделі впливу молотильних агрегатів барабанного і роторного типу на травмування зернівок та динаміки травмування насіння робочими органами вібросепаратора свідчить, що на травмування зернівок впливають умови контактування, імпульс сили ударяння та співударяння, швидкість руху, довжина шляху переміщення, тертя з поверхнями та накопичення травмованого насіння після обмолочування і кожної наступної i -тої дії сприяє зростанню мікротравмування зернівок навіть до 60–80 % за будь-яких технологічних операцій. Встановлено, що у молотильних агрегатів барабанного типу спостерігається підвищене мікротравмування насіння у порівнянні з роторним (більше 20 %).

3. Експериментально встановлено, що при фракційному розподіленні зернового вороху, кращі показники якості та менше травмування зернівок досягається при застосуванні сортувальних решіт з діаметром отворів комірок 2,4–2,6 мм та швидкості руху насіння у пневмосепарувальному каналі 7,5–8 м/с

у порівнянні із використанням решіт з меншим діаметром отворів, але більшою швидкістю руху 8,5–9,5 м/с.

4. Розроблена математична модель деформування пружно-в'язкої еліпсоїдної зернівки свідчить, що при падінні насіння масою 0,04–0,05 г з поперечним радіусом 3–4 мм на сферичну поверхню розподільника радіусом 600 мм, який обертається з кутовою швидкістю до $6 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$, тангенційна деформація становить 0,021 – 0,025 мм і характеризується початковим підвищенням з наступним уповільненням.

5. За побудованою математичною моделлю руху зернівки, форма якої описується рівнянням еліпсоїда обертання, після диференціювання, позначень, скорочень, підстановок та застосування незалежних кінематичних параметрів здійснено оптимізацію енергії прискорення з метою мінімізації проходження процесу деформування. Згідно отриманих диференційних рівнянь, обертання диска-розподільника радіусом 600 мм з кутовою швидкістю до $6 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$ мінімально впливає на деформування зернівки, а збільшення швидкості суттєво підвищує степінь деформування та травмування насіння.

6. Експериментально встановлено, що зростання обертів диска розподільника пневмосепарувального пристрою вібросепаратора більше 110 хв^{-1} суттєво впливає на швидкість, час руху насіння та його мікротравмування.

Для досягнення ефективності та якості очищення і мінімального мікротравмування, частота обертів диска n_p повинна становити (за різних коефіцієнтів тертя: $f = 0,3 - 0,5$) $n_p = 42,0 \text{ хв}^{-1} - 54,2 \text{ хв}^{-1}$. Кути нахилу секторів лопаток $\alpha = 30^\circ - 45^\circ$ і довжина лопаток 135 мм забезпечують швидкість руху насіння 7,5–8 м/с та мінімальне його мікротравмування.

7. Експериментально встановлено, що застосування пневмосепарувального пристрою розробленої конструкції з кутом спрямування зернового вороху 110° без обмеження руху, наявності додаткових продуктивних вікон та гумового покриття, сприяє підвищенню продуктивності та ефективності очищення і зменшенню макротравмування насіння пшениці з 5,1 % до 2,4 %, а жита –

з 6,3 % до 3,5 %. Мікротравмування пшениці знизилось з 20,4 % до 5,8 %, а жита – з 28,7 % до 8,6 %.

8. Експериментально встановлено, що застосування запропонованої конструкції вловлювача – розподільника дозволяє затримати, відібрати і калібрувати велике, наповнене і найбільш якісне насіння за одне проходження, що значно зменшило мікротравмування зернівок, покращило їх якість, суттєво підвищило продуктивність вібросепаратора. Макротравмування насіння пшениці зменшилось з 6,3 % до 2,0 %, а жита - з 7,0 % до 3,0 %.

9. На основі розробленої математичної моделі руху насіння по поверхні робочого органу дискового сошника запатентованої конструкції, експериментально підтверджено, що для зниження мікротравмування та оптимального розподілу насіння на поверхні підшви ґрунту у вигляді смуги, а не в рядку, на пластині розподільника необхідно розмістити у шаховому порядку 9 рядів штирів діаметром 3 мм і довжиною 10–15 мм, покритих гумою або іншими еластичними матеріалами, з відстанню між штирями в ряду 15 мм і між рядами – 18 мм. Це дозволить знизити мікротравмування з 6,2 % до 2,7 %, сприятиме зростанню польової схожості, кращому використанню вологи, поживи, сонячної енергії та суттєвому збільшенню урожайності.

10. Результати досліджень впроваджено на підприємствах ПАТ «Червона зірка» (м. Кропивницький); Житомирський обласний державний центр експертизи сортів рослин (м. Житомир); ФОП «Тарасевич» (м. Житомир); СВТП «Механік» (м. Житомир); ПП «Україна» (Попільнянський район Житомирської області); СВК «Маяк» (Оратівський район Вінницької області); СФГ «Стецівське» (Звенигородський район Черкаської області), що підтверджується актами впровадження.

11. Загальний сезонний економічний ефект від зниження травмування зернівок, підвищення якості насіння та урожайності зернових культур за технологічних процесів збирання, оброблення, підготовлення і сівби становить понад 3 млн 777 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

84. Авдеев А. В. Перспективы механизации послеуборочной обработки зерна / А. В. Авдеев // Тракторы и с.-х. машины. – 2001. – № 5. – С. 18–23.
85. Адамчук В. В. Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений / В. В. Адамчук. – К. : Аграр. наука, 2010. – 177 с.
86. Ануфриев И. К. Самоучитель Matlab 5/3/6.x. / И. К. Ануфриев. – СПб., 2004. – 736 с.
87. Алферов С. А. Механическая повреждаемость зерна при ударе после уборочной обработки / С. А. Алферов, А. А. Панов // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 1981. – № 1. – С. 50–51.
88. Алферов С. А. Обмолот и сепарация зерна в молотильных устройствах как единый вероятностный процесс / С. А. Алфёров, В. С. Брагинец // Тракторы и сельхозмашины. – 1972. – № 4. – С. 23–26.
89. Алферов С. А. Механическая повреждаемость зерна при ударе / С. А. Алферов, А. А. Напов // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 1981. – № 3. – С. 50–51.
90. Андронов А. А. Теория комбайна /А, А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин // . – М.: Наука, 1981. – 568 с.
91. Анискин В. И. Повреждение семян зерновых культур при машинной обработке / В. И. Анискин, В. М. Дринча, И. А. Пехальский // Вестн. с.-х. науки. – 1992. – № 1. – С. 99–105.
92. Ануфриев Н. К. Самоучитель matlab 5/3/6.x. – СПб:БХВ – Петербург. 2004. – 736 с.
93. Appel P. Теоретическая механика / П. Appel // М.: Физматгиз. – 1960. – Т. 1. – 516 с; Т. 2. – 487 с.
94. Антипин В. Г. О перемещении обмолачиваемой культуры по подбарабанью / В. Г. Антипин, В. М. Коробицын // Механизация и электрификация соц. сельского хоз-ва. – 1979. – № 8. – С. 7–9.
95. Аристов С. А. Пути снижения травмирования зерна при послеуборочной обработке / С. А. Аристов // Техника в сельском хоз-ве. – 1991. – № 6.– С. 55–56.

96. Артболевский И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артболевский. – М. : Наука, 1975. – 639 с.
97. Атаназевич В. И. Сушка зерна / В. И. Атаназевич. – М. : Агропромиздат, 1989. – 240 с.
98. Блохин П. В. Пути снижения механических повреждений семян пшеницы нориями / П. В. Блохин, Е. Р. Малафеева, Г. А. Сорокина // Науч. тр. / ВНИИЗ. – 1978. – Вып. 88. – С. 102–112.
99. Бобкова З. М. Степень травмирования и качества семян при разной технологии послеуборочной обработки / З. М. Бобкова, А. В. Пашкевич, М. И. Борисов // Селекция и семеноводство. – 1983. – № 7. – С. 46–48.
100. Бодртдинов А. З. Послеуборочная обработка зерна и семян / А. З. Бодртдинов. – К. : КСХУ, 2001. – 82 с.
101. Борисов М. И. Об уменьшении травмирования семян на сеяноочистительных поточных линиях (Петкус) / М. И. Борисов, Д. А. Кунц // Бюл. науч.-техн. информации НИИ сельского хоз-ва Юго-Востока. – 1970. – Вып. 2. – С. 59–61.
102. Боровик Г. И. Исследование питателей непрерывного действия для пневматического транспортирования семян потоком высокой концентрации: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук / Г. И. Боровик. – М., 1977. – 23 с.
103. Білоусова В. П. Аналітична геометрія / В. П. Білоусова, Г. І. Ільїн, О. Л. Котлова // К.: Вища школа, 1973. – 377 с.
104. Бурков А. И. Тенденция развития технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна и семян в Северо-Восточном регионе / А. И. Бурков // Инженерная наука сельскохозяйственному производству: юбилейный сб. ст. / Вятская гос. с.-х. акад. – Киров, 2002. – С. 32–39.
105. Бурков А. И. Зерноочистительные машины: конструкция, исследования, расчет и испытания / А. И. Бурков, Н. П. Сычугов ; НИИСХ Северо-Востока. – Киров, 2000. – 59 с.
106. Бурков А. И. Ресурсосберегающие машины для послеуборочной обработки семян / А. И. Бурков, В. Л. Андреев, О. П. Рощин // Сб. науч. тр. / ВИМ. – 2003. – Т. 148. – С. 162–171.

107. Бурков А. И. Тенденции развития технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна и семян в Северо-Восточном регионе / А. И. Бурков // Инженерная наука сельскохозяйственному производству: юбилейный сб. ст. / Вятская гос. с.-х. акад. – Киров, 2002. – С. 32–39.
108. Бусол Н. В. Послеуборочная обработка вороха семян / Н. В. Бусол, В. А. Полывянский, Н. Г. Дигтярь // Сахарная свекла. – 1989. – № 6. – С. 27–30.
109. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – К.: УСХА, 1960. – 284 с.
110. Василенко П. М. Основы научных исследований / П. М. Василенко, Л. В. Погорелый // Механизация сельского хозяйства: К.: Вища школа – 1985. – 265 с.
111. Василенко М. В. Теорія коливань і стійкості руху / М. В. Василенко – К.: Вища школа – 2004 – 525 с.
112. Веденяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин. – М. : Колос, 1967. – 60 с.
113. Вечеря О. М. Класифікація машин та методів знезаражування насіння сільськогосподарських культур / О. М. Вечеря // Механізація та електрифікація сільського госп-ва. – 2010. – Вип. 84. – С. 112–118.
114. Виндижев Н. Л. Механико-технологическое обоснование методов снижения потерь от травмирования зерна при уборке кукурузы и масличных культур : автореф. дис. на соискание учен. степени доктора техн. наук / Н. Л. Виндижев. – зерноград, 1999. – 34 с.
115. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. – К. : Каравелла, 2008. – С. 317–407.
116. Воцкий З. И. О взаимодействии зерна с рабочими элементами шнекового транспортера / З. И. Воцкий, А. С. Черный // Тр. ЧИМЭСХ. – 1975. – Вып. 95. – С. 87–97.
117. Воцкий З. И. Технологические приемы снижения повреждения семян при обмолоте зерновых культур / З. И. Воцкий, Б. С. Лихачев, Ю. Н. Ефремов // Тр. Свердловского СХИ. – 1981. – Т. 63. – С. 57–62.

118. Воцкий З. И. Влияние видов силовых воздействий на выделение семян из колоса / З. И. Воцкий // Сб. тр. ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1976. – Вып. 103. – С. 50–62.
119. Галкин А. Д. Методы и средства повышения эффективности послеуборочной обработки зерна и семян / А. Д. Галкин, В. Д. Галкин, А. М. Гудапров. – Пушкин, 2001. – 84 с.
120. Галкин А. Д. Ресурсосберегающие технологии послеуборочной обработки семян / А. Д. Галкин, В. Д. Галкин // Тракторы и с.-х. машины. – 2003. – № 3. – С. 15–17.
121. Гайдамакина Т. И. Травмирование как показатель качества семян яровой пшеницы / Т. И. Гайдамакина // Биология, агротехника и селекция зерновых культур. – 1982. – № 4 – С. 49–53.
122. Герц Г. Принципы механики, изложенные в новой связи / Г. Герц // М. – изд-во АН СССР. – 1959. – 386 с.
123. Гетьманов А. И. Эффективность процесса обмолота в бильном молотильном устройстве / А. И. Гетьманов // Технологические процессы механизированных работ в сельском хозяйстве. – М., 1981. – С. 109–113.
124. Глотов В. П. О снижении механических повреждений зерна на поточной линии / В. П. Глотов // Науч.-техн. бюл. ВИЭСХ. – 1969. – № 2(8). – С. 32–36.
125. Гозман Г. И. Чистое зерно – больше доход / Г. И. Гозман, Г. Пиппель, Л. В. Еременко // Новое сельское хоз-во. – 1998. – № 2. – С. 62–65.
126. Голик М. Г. Научные основы обработки зерна в потоке / М. Г. Голик, В. Н. Демедович, Б. Е. Мельник. – М. : Колос, 1972. – 263 с.
127. Головач І. В. Зниження травмування насіння при застосуванні гумових матеріалів та вдосконалення очисток / І. В. Головач, Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Всеукраїнський науково-технічний журнал ВНАУ. – 2016. – № 3 (95). – С. 26–30.
128. Головач І. В. Травмування насіння при підсушуванні технічними засобами / І. В. Головач, Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Всеукраїнський науково-технічний журнал ВНАУ. – 2017. – № 1 (96). – С. 78–83.

129. Гончаров Е. С. Исследование процесса зерновых материалов центробежно – вибрационными решетками: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук / Е. С. Гончаров. – Киев, 1963. – 40 с.
130. Гортинский В. В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В. В. Гортинский, А. Б. Демский, М. А. Борискин. – М. : Колос, 1980. – 304 с.
131. Гортинский В. В. Сортирование сыпучих тел при их послойном движении по ситам / В. В. Гортинский // Тр. ВИМ. – М., 1980. – 304с. С. 48–54.
132. Горячкин В. П. Собрание сочинений / В. П. Горячкин. – М. ; К., 1965. – Т. 1. – 720 с., Т. 2. – 469 с., Т. 3. – 364 с., Т. 5. – 569 с., Т. 6. – 500 с.
133. Грабар І. Г. Вилив кількісно- якісного обліку на втрати зерна та його якісні показники при переміщенні і зберіганні / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 4. – С. 34–36.
134. Грабар І. Г. Насіння – початок і основа агротехнології / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 4. – С. 42–44.
135. Грабар І. Г. Правильність прийняття рішень при випробовуваннях зернових комбайнів, іншої техніки і новітніх технологій у сільськогосподарському виробництві при застосуванні розрахункових моделей для мінімального травмування зерна / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 5. – С. 49–53.
136. Грабар І. Г. Вплив вологості зерна при збиранні та післязбиральній очистці зернового вороху озимого жита на його травмування і насіннєві якості / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 5. – С. 60–62.
137. Грабар І. Г. Вплив чинників післязбиральної обробки зерна на якість насіннєвого матеріалу / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук //

- Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодержав. міжвід. наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 40, ч. 4. – С. 3–5.
138. Грабар І. Г. Вплив обмолоту на посівні якості зерна пшениці, жита та інших зернових / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янка, С. М. Герук // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержав. міжвід. наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 40, ч. 1. – С. 6–9.
 139. Гречко В. В. Снижение отрицательного влияния средств механизации на качество семян / В. В. Гречко, А. И. Михайлов // Селекция полевых культур Вост. Сибири. – Новосибирск, 1980. – С. 97-103.
 140. Громов А. Г. Режим работы нории НЗ-20 и повреждаемость семян / А. Г. Громов, П. А. Новиков // Селекция и семеноводство. – 1968. – № 4. – С. 56–57.
 141. Громов А. Г. Влияние режимов работы ковшовых элеваторов на повреждение зерна / А. Г. Громов, В. П. Глотов, П. А. Новиков // Тр. Челябин. ин-та механизации и электрификации сельского хоз-ва. – 1969. – Вып. 36.–С. 225–232.
 142. Гуляев Г. А. Автоматизация процессов послеуборочной обработки и хранения зерна / Г. А. Гуляев. – М. : Агропромиздат, 1990. – 240 с.
 143. Давыденко Е. К. Совершенствование технологии послеуборочной обработки и хранения семян рапса / Е. К. Давыденко, А. И. Журавлев, А. Н. Буряк // Технические культуры. – 1991. – № 5. – С. 41–43.
 144. Демский А. Б. Комплексные зерноперерабатывающие установки / А. Б. Демский. – М. ; К., 1978. – 256 с.
 145. Дерев'янка Д. А. Визначення оптимальної вологості зерна під час обмолоту та післязбиральної підготовки насіння / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 12. – С. 24–25.
 146. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування і пошкоджень мікроорганізмами жита озимого при збиранні, післязбиральній обробці та посіві / Д. А. Дерев'янка // Вісн. аграр. науки. – 2011. – № 10. – С. 45–48.

147. Дерев'яню Д. А. Шляхи покращення якісних показників зерна / Д. А. Дерев'яню // Зб. наук. ст. / Луцький нац. техн. ун-т.–2011.– Вип. 21.– С. 117–120.
148. Дерев'яню Д. А. Вплив вологості зерна при обмолоті та післязбиральній доробці зернового вороху озимої пшениці на її травмування і насіннєві якості / Д. А. Дерев'яню // Зб. наук. пр. КНТУ. – 2011. – Вип. 24. – С. 181–184.
149. Дерев'яню Д. А. Травмування зерна внаслідок дії внутрішніх і зовнішніх чинників на якість насіння і зернофуражу / Д. А. Дерев'яню // Зб. наук. пр. КНТУ. – 2011. – Вип. 24. – С. 184–187.
150. Дерев'яню Д. А. Вплив травмування і мікроорганізмів на якісні показники зерна і насіння озимої пшениці при збиранні, післязбиральному обробітку та посіві / Д. А. Дерев'яню // Вісн. ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2011. – Вип. 107. – С. 247–250.
151. Дерев'яню Д. А. Поліпшення технології післязбирального дороблення зерна / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 1. – С. 34–35.
152. Дерев'яню Д. А. Влияние травмирования и микроорганизмов на качество семян озимой пшеницы при уборке, послеуборочной обработке и посеве / Д. А. Дерев'яню // Вестн. Воронежского гос. аграр. ун-та. – 2011. – Вып. 2.– С. 53–55.
153. Дерев'яню Д. А. Качественные показатели зерна и семян озимой ржи и влияние на них травмирования и микроорганизмов / Д. А. Дерев'яню // Вестн. Воронежского гос. аграр. ун-та. – 2011. – Вып. 3. – С. 39–41.
154. Дерев'яню Д. А. Поліпшення ефективності післязбиральної обробки зерна та насіння / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 2. – С. 25– 26.
155. Дерев'яню Д. А. Вплив травмування і пошкодження мікроорганізмів на якісні показники зерна озимого жита / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 3. – С. 28–32.

156. Дерев'яню Д. А. Улучшение посевных качеств семян пшеницы при послеуборочной обработке / Д. А. Дерев'яню // Междунар. сельскохозяйственный журн. – 2011. – Вып. 3. – С. 59–60.
157. Дерев'яню Д. А. Залежність якісних показників насіння озимої пшениці / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 4. – С. 16–19.
158. Дерев'яню Д. А. Влияние травмирования зерна на качество семенного материала / Д. А. Дерев'яню // Междунар. сельскохозяйственный журнал. – 2011. – Вып. 5. – С. 50–51.
159. Дерев'яню Д. А. Влияние послеуборочной обработки на качество зерна и семян пшеницы/ Д. А. Дерев'яню // Междунар. сельскохозяйственный журнал. – 2011. – Вып. 4. – С. 58–59.
160. Дерев'яню Д. А. Післязбиральне оброблення зерна і насіння на зерноочисному заводі “Petkus” / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 5. – С. 14–17.
161. Дерев'яню Д. А. Дослідження показників якості насіннєвого матеріалу озимої пшениці під час збирання, післязбирального обробітку і посіву / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 6. – С. 34–36.
162. Дерев'яню Д. А. Исследование повреждений зерна и семян озимой ржи / Д. А. Дерев'яню // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – Вып. 7. – С. 30–31.
163. Дерев'яню Д. А. Вплив технологічного процесу очищення зерна на якість насіння / Д. А. Дерев'яню // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 11. – С. 22–25.
164. Дерев'яню Д. А. Вплив технологічних процесів на якість зерна і насіння під час підготовки на вібросепараторі / Д. А. Дерев'яню // ННЦ «ІМЕСГ»: міжвід. темат. наук. зб. – 2011. – Вип. 95. – С. 123–134.
165. Дерев'яню Д. А. Определение оптимальной влажности зерна при обмолоте и послеуборочной подготовке семян / Д. А. Дерев'яню // Международный с.-х. журн. – 2011. – Вып. 6. – С. 48–49.
166. Дерев'яню Д. А. Вплив травмувань та мікроорганізмів на якість зерна і насіння від збирання до посіву / Д. А. Дерев'яню // Наук. вісник НУБіПУ.

- 2012. – Вип. 166. – С. 72–78.
167. Дерев'янка Д. А. Изменение качества семян зерновых на различных технологических стадиях / Д. А. Дерев'янка // С.-ХМИ. – Технологии. – 2012. – № 2. – С. 41–43.
 168. Дерев'янка Д. А. Качество семян озимой пшеницы в зависимости от технологий их подготовки на зерноочистительных заводах. АгроXXI, М., № 1–3, 2012. – С. 39 – 41.
 169. Дерев'янка Д. А. Вплив режимів роботи зернового комбайна на травмування, втрати та якість зерна / Д. А. Дерев'янка // ННЦ «ІМЕСГ» : міжвід. темат. наук. зб. – 2013. – Вип. 98, Т. 1. – С. 311–316.
 170. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування режимів фракційного розподілення зернового вороху при підготовленні насіння / Д. А. Дерев'янка // ННЦ «ІМЕСГ» : міжвід. темат. наук. зб. – 2014. – Вип. 99, №. 1. – С. 57–63.
 171. Дерев'янка Д. А. Регулювання швидкості руху повітря в аспіраційному каналі, збільшення ширини отворів решіт та їх вплив на травмування та якість насіння / Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенко, І. В. Оробінський // Техніка і технології АПК. – 2013. – № 12. – С. 24–28.
 172. Дерев'янка Д. А. Вдосконалення пневмосепарування в зерноочисній машині та його вплив на травмування і якість насіння / Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенко, І. В. Оробінський // ННЦ «ІМЕСГ» : міжвід. темат. наук. зб. – 2013. – Вип. 97, т. 1. – С. 47–53.
 173. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування ефективності схеми зерноочисних машин для обробки зернового вороху після обмолочування / Д. А. Дерев'янка // Вісн. аграр. науки. – 2014. – № 6. – С. 52–57.
 174. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування і теоретичні розрахунки руху зернівки у пневмосистемі з кільцевим аспіраційним каналом та дисковим розподільником у вібровідцентровій зерноочисній машині / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 6. – С. 29–33.
 175. Дерев'янка Д. А. Травмування та якість насіння на різних стадіях технологічних процесів / Д. А. Дерев'янка // Інженерія природокористування. – 2014. – № 1. – С. 114–123.

176. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування та теоретичні розрахунки руху зернівок у кільцевому аспіраційному каналі вібровідцентрового сепаратора / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 9. – С. 24–27.
177. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування та теоретичні розрахунки деформації і травмування зернівок внаслідок переміщення їх робочими елементами вібросепаратора / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 10. – С. 9–12.
178. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування розподілення зернового вороху сортувальними решетами з різною шириною отворів / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 11. – С. 27–31.
179. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування та теоретичні розрахунки впливу робочих елементів вібросепаратора на деформацію і травмування насіння / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 12. – С. 12–16.
180. Дерев'янка Д. А. Дослідження впливу розміщення і заробляння насіння в ґрунт на його травмування та якість при сівбі / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. ВНАУ. – 2014. – Вип. 2(85). – С. 43–60.
181. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування дослідження переміщення насіння і його травмування по розподільчій пластині запропонованої конструкції дискового сошника / Д. А. Дерев'янка, Зб. н. пр. ВНАУ. – 2014, – В 2/85.
182. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування режимів фракційного розподілення зернового вороху при підготовленні насіння / Д. А. Дерев'янка // ННЦ «ІМЕСГ» : міжвід. темат. наук. зб. – 2014. – Вип. 99, т. 1. – С. 57–67.
183. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування ефективності схеми зерноочисних машин для обробки зернового вороху після обмолочування / Д. А. Дерев'янка // Вісн. ЖНАЕУ. – 2014. – № 2, т. 4. – С. 199–207.
184. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування і розподілення зернової маси при збиранні та післязбиральній підготовці на якість насіння / Д. А. Дерев'янка // ННЦ «ІМЕСГ». – 2014. – Вип. 99, Т.1. – Матеріали XXII міжнародної науково-технічної конференції. – 2014. – С.71–73.
185. Дерев'янка Д. А. Обґрунтування та теоретичні розрахунки руху зернівок вздовж лопаток похилих секторів вібровідцентрового сепаратора /

- Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. Укр. НДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2014. – Вип. 18. – С. 285–293.
186. Дерев'янка Д. А. Дослідження впливу механічних навантажень на травмування насіння барабанными аксіально-роторними обмолочувальними апаратами / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. КНТУ.–2014.– Вип. 27.– С. 168–173.
 187. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування на міцність зернівок / Д. А. Дерев'янка // Зб. наук. пр. КНТУ. – 2014. – Вип. 44. – С. 7–12.
 188. Дерев'янка Д. А. Формалізація деформації і травмування зернівки, поверхню якої надано еліпсоїдом обертання / Д. А. Дерев'янка // Наук. вісн. наук. НУБІПУ. – 2014. – Вип. 196. – С. 217–225.
 189. Дерев'янка Д. А. Вплив робочих елементів скребкового транспортера на травмування та якість насіння зернових культур / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2015. – №7. – С. 16 – 19.
 190. Дерев'янка Д. А. Вплив смугового транспортера на травмування та якість насіння зернових культур / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2015. – №8. – С. 12 – 15.
 191. Дерев'янка Д. А. Вплив травмування на якість насіння зернових культур : монографія / Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенко, В. І. Оробінський. – Житомир, 2012. – 439 с.
 192. Дерев'янка Д. А. Вплив технічних засобів та технологічних процесів на травмування і якість насіння : монографія / Д. А. Дерев'янка. – Житомир, 2015. – 772 с.
 193. Дерев'янка Д. А. Вплив робочих елементів ковшового транспортера на травмування та якість насіння зернових культур / Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Всеукраїнський науково-технічний журнал ВНАУ –2015. – 3(92). – С. 73–77.
 194. Дерев'янка Д. А. Вплив робочих елементів шнекового транспортера на травмування та якість насіння зернових культур / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 9. – С. 18–21.

195. Дерев'янка Д. А. Дослідження травмування насіння робочими елементами протруювача при проходженні технологічного процесу / Д. А. Дерев'янка // Наук. вісн. НУБПУ. – 2015. – Вип. 199. – С.
196. Дерев'янка Д. А. Дослідження ударної взаємодії і травмування зернівки з поверхнею циліндричного решета після її сходження з диска розподільника / Д. А. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2015. – №6. – С. 9–12.
197. Дерев'янка Д. А. Дослідження процесу травмування насіння при його русі по поверхні циліндричного решета вібровідцентрового сепаратора / Д. А. Дерев'янка // Всеукраїнський науково-технічний журнал ВНАУ. – 2015. – № 2 (90). – С. 14–18.
198. Дерев'янка Д. А. Дослідження впливу режимів підсушування на травмування та якість насіння / Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2016. – № 7. – С. 14–17.
199. Дерев'янка Д. А. Вплив компонентів зернового вороху на травмування і якість насіння / Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Техніка і технології АПК. – 2016. – № 6. – С. 12–15.
200. Дерев'янка Д. А. Вібропристосування на рух насіння по поверхні циліндричного решета та його травмування / Д. А. Дерев'янка, О. Д. Дерев'янка // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – Т. 3. – № 1. – С. 257–262.
201. Дерягин Б. В. Расклинивающее давление как мера сольватации / Б. В. Дерягин, Б. В. Лазарев // Коллоидный журнал. – 1935. – № 1. – С. 16–22.
202. Дзодцоев Г. И. Сепарация зерна через солоmistую решетку комбайна / Г. И. Дзодцоев, В. В. Хабалов, В. В. Шпалашвили // Тр. Кубанского СХИ. – 1975. – Вып. 108. – С. 82–87.
203. Дорофеев Н. Е. Влияние предварительной деформации зерна на энергоемкость его разрушения при ударе / Н. Е. Дорофеев // Пути снижения травмирования семян сельскохозяйственными машинами и повышения их качества : сб. науч. тр. – Воронеж, 1983. – С. 50–63.
204. Дидух В. Ф. Сушка семян сахарной свеклы в плотном слое / В. Ф. Дидух // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1989. – № 9. – С. 23–25.
205. Дринча В. М. Результаты очистки семян пшеницы на пневматическом

- сортировальном столе / В. М. Дринча // Тр. ВИМ. – М., 1987. – Т. 112. – С. 72–77.
206. Дринча В. М. Исследование процессов разделения зерновых материалов на вибропневмосепараторах / В. М. Дринча, Л. М. Суконкин, В. А. Вединев // ДНТ АПК. – 1994. – № 6. – С. 37–40.
207. Дринча В. М. Технология и комплекс машин для очистки зерна и семян / В. М. Дринча, Л. М. Суконкин // Земледелие. – 1997. – № 3. – С. 34–35.
208. Дринча В. М. Совмещение операций при очистке зерновых материалов / В. М. Дринча, И. А. Пехальский, М. В. Пехальская // Тракторы и с.-х. машины. – 1996. – № 10. – С. 16–18.
209. Дринча В. М. Особливості передпосівної хімічної обробки насіння / В. М. Дринча, Е. Кубеєв // Хімія. Агрономія. Сервіс. – 2012. – № 4. – С. 48.
210. Дутченко З. Я. Травмирование семян яровой твердой пшеницы Харьковская 46 при очистке / З. Я. Дутченко // Приемы повышения урожайности с.-х. культур в Северном Казахстане: сб. тр. / Целиноградский СХИ. – 1974. – С. 21–25.
211. Дьяконов В. П. MATLAB 6/5 SP 1/7 Simulink 5/6. Основы применения / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 800 с.
212. Эйнштейн А. Собрание научных трудов / А. Эйнштейн. – М. : Наука, 1966. – Т. 1. – 694 с., Т. 2. – 873 с.
213. Евтягин В. Ф. Фракционирование зерновых материалов / В. Ф. Евтягин, С. П. Прокопов // Использование и обеспечение работоспособности машин и оборудования в сельском. хоз-ве Западной Сибири : тр. Омск. гос. аграр. ун-та. – Омск, 1996. – С. 77.
214. Егоров Г. А. Влияние тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна / Г. А. Егоров. – М. : Колос, 1973. – 264 с.
215. Еремин Н. В. К вопросу снижения травмирования семян / Н. В. Еремин // Тракторы и сельхозмашины. – 1974. – № 4. – С. 30–34.
216. Ермольев Ю. И. Повышение эффективности работы зерноочистительного агрегата ЗАВ-40 / Ю. И. Ермольев, С. И. Василенко, В. Н. Бобриков // Техника в сельском хоз-ве. – 1985. – № 9. – С. 39–40.

217. Ермольев Ю. И. Интенсификация технологических операций в воздушно-решетных зерноочистительных машинах / Ю. И. Ермольев. – Ростов-на-Дону, 1998. – 494 с.
218. Ермольев Ю. И. Перспективные технологии и технические средства для очистки зерна / Ю. И. Ермольев // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 2002. – № 6. – С. 28–29.
219. Ермольев Ю. И. Разделения зернового вороха фракционированием зерноочистительными агрегатами / Ю. И. Ермольев // Тракторы и с.-х. машины. – 2005. – № 5. – С. 15–21.
220. Ермольев Ю. И. Фракционные технологии семенной очистки зерна / Ю. И. Ермольев, М. Н. Московский, М. В. Шемсунов // Тракторы и с.-х. машины. – 2005. – № 6. – С. 23–25.
221. Ефимченко В. И. Пункты обработки и хранение семян зерновых культур / В. И. Ефимченко, П. И. Неудачин // Селекция и семеноводство. – 1986. – № 4. – С. 50–53.
222. Жалнин Э. В. Некоторые проблемы механизации уборки зерновых культур / Э. В. Жалнин, А. А. Майстыренко // Зерновое хозяйство. – 1974. – № 1. – С. 22–24.
223. Желтов В. С. Механизация послеуборочной обработки зерна / В. С. Желтов, Г. Н. Павлихни, В. М. Соловьев. – М. : Колос, 1973. – 265 с.
224. Завалишин Ф. С. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства / Ф. С. Завалишин. – М. : Колос, 1982. – 231 с.
225. Заика П. М. Динамика вибрационных зерноочистительных машин / П. М. Заика. – М. : Машиностроение, 1977. – 277 с.
226. Заика П. М. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств / П. М. Заика, Г. Е. Мазиев. – М. : Колос, 1978 – 228 с.
227. Заика П. М. Вибрационное перемещение твердых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах / П. М. Заика. – К. : УСХА, 1998 – 625 с.
228. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин / П. М. Заїка. – Х.: ОКО, 2006. – Т 3. – 408 с.

229. Зазимко М. И. Раксил – новый высокоэффективный протравитель семян / М. И. Зазимко // Земледелие. – 1995. – № 4. – С. 26–27.
230. Захаров П. П. Травмирование семян яровой пшеницы / П. П. Захаров // Науч. тр. – 1971. – С. 55–59.
231. Захарченко И. В. Послеуборочная обработка семян в Нечёрноземной зоне / И. В. Захарченко. – М. : Россельхозиздат, 1983. – 263 с.
232. Захарченко И. В. Двухфазная технология обработки семян в увлажненной зоне / И. В. Захарченко, Б. А. Карпов // Селекция и семеноводство. – 1980. – № 1. – С. 33–35.
233. Зевелев Б. В. К обоснованию структурных схем технологии фракционного сепарирования овса и ячменя на элеваторах / Б. В. Зевелев, Т. А. Мовсесов, М. Е. Егоров // Сб. науч. тр. ВНИИЗ. – 1989. – Вып. 113. – С. 116–128.
234. Зеленев Л. В. Послеуборочная обработка семенного зерна / Л. В. Зеленев // Техника в сельском хозяйстве. – 1982. – № 12. – С. 23–25.
235. Землянухин А. И. Устройство для пневмосепарирования семян / А. И. Землянухин, Б. М. Скрынников // Селекция и семеноводство. – 1990. – № 2. – С. 55.
236. Зерноочистительные агрегаты ЗАВ-10, ЗАВ-20: руководство по устройству и эксплуатации / Центрально-черноземный ЦНТИ. – Воронеж, 1969. – 215 с.
237. Зерноочисной агрегат «Petkus», БЦС – Агрегат-вибросепаратор типа БЦСМ-20,50,100 и типа СВС-5,25. – Воронеж, 1969. – 215 с.
238. Злочевский В. Л. Интенсификация процесса аэродинамического разделения зерновых материалов / В. Л. Злочевский // Сибирский вестн. с.-х. науки. – 1984. – № 1. – С. 73–79.
239. Золотых М. Г. Микротравмирование зерна при использовании бункера-перегрузчика в уборочной поточной линии / М. Г. Золотых // Сб. науч. тр. – Воронеж, 1983. – С. 111–113.
240. Зуев Ф. Г. Влияние формы отводов на повреждение зерна при пневматическом транспортировании / Ф. Зуев, Н. Левачева, И. Неборак // Мукомольная и элеваторная промышленность. – 1971. – № 1. – С. 35–38.

241. Зуев Ф. Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях / Ф. Г. Зуев. – М., 1976. – 344 с.
242. Зюзьков Б. И. Исследование поточных линий на предмет повреждения зерна / Б. И. Зюзьков, И. А. Чудин // Тр. Новосибирского СХИ.–1971.– Т. 50.– С. 19–26.
243. Зюлин А. Н. Перспективы механизации послеуборочной обработки и хранения семян / А. Н. Зюлин, А. Г. Чижиков // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 2002. – № 6. – С. 10–14.
244. Зюлин А. Н. Механизированные процессы послеуборочной обработки и подготовки семян / А. Н. Зюлин // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 2002. – № 7. – С. 12–16.
245. Зюлин А. Н. Фракционные технологии очистки семян зерновых / А. Н. Зюлин, В. М. Дринча, С. С. Ямпиллов // Земледелие. – 1998. – № 6. – С. 39.
246. Зюлин А. Н. Развитие технологий сепарирования зерна /А. Н. Зюлин // Земледелие. – 1998. – № 5. – С. 27–32.
247. Зюлин А. Н. Влияние состава вороха на работу пневмосепаратора / А. Н. Зюлин, В. М. Дринча // Тракторы и с.-х. машины. – 1996. – № 11. – С. 26–27.
248. Зязев. Ю. Ф. Результаты исследований влияния предварительной деформации хлебной массы на качественные показатели процесса обмолота / Ю. Ф. Зязев // Организация высокоэффективного использования техники в уборочно-транспортных комплексах. – Новгород, 1982. – С. 74–82.
249. Иванов Н. М. Технологическое и техническое обеспечение интенсификации сушки зерна с учётом ресурсосбережения: автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра техн.наук / Н. М. Иванов. – Новгород, 2008. – 48 с.
250. Кабанов В. Ф. Влагоперенос в зерне пшеницы / В. Ф. Кабанов // Вестн. с.-х. науки. – 1975. – № 10. – С. 133-134.

251. Кавунец В. П. Эффективность протравливания травмированных семян озимой пшеницы / В. П. Кавунец, В. Я. Дворник, В. И. Шелепова // Селекция и семеноводство. – 1990. – № 1. – С. 39–41.
252. Казаков Е. Д. Методы оценки качества зерна / Е. Д. Казаков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 2015 с.
253. Казаков Е. Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е. Д. Казаков, В. Л. Кретович. – 2-е изд. – М. : Агропромиздат, 1989. – 368 с.
254. Карлов М. Е. Интенсификация рабочего процесса в молотильном аппарате / М. Е. Карлов // Механизация и электрификация соц. сельского хоз-ва. – 1978. – № 9. – С. 15–18.
255. Карлов М. Е. Повышение показателей работы комбайнов в сложных условиях / М. Е. Карлов // Совершенствование уборки и послеуборочной обработки зерна. – 1981. – Вып. 168. – С. 16–20.
256. Калашников К. Я. Восприимчивость прорастающих семян к плесневым грибам / К. Я. Калашников // Тезисы докл. IV Всесоюз. совещания по иммунитету сельскохозяйственных растений. – Кишинев, 1965. – С. 116–118.
257. Калашникова Н. В. Дозирование семян катушечно-штифтовым высевальным аппаратом / Н. В. Калашникова, Р. А. Булавинцев // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 2006. – № 11. – С. 18–22.
258. Калошина З. М. Всхожесть семян ржи в зависимости от степени повреждения их покровов / З. М. Калошина // Докл. ТСХА. – 1971. – Вып. 168. – С. 14–17.
259. Калошина З. М. О повреждении покровов семян пшеницы и ржи и влияние их на всхожесть / З. М. Калошина // Биология и технология семян. – Харьков, 1974. – С. 165–168.
260. Каленська С. М. Насіннезнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур / С. М. Каленська, – Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. – 320 с.

261. Карлов М. Е. Резервы механизации производства зерна в Нечерноземной зоне / М. Е. Карлов. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 191 с.
262. Карпов Б. А. Уборка, обработка и хранение семян / Б. А. Карпов. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 204 с.
263. Карпов Б. А. Влияние технологии послеуборочной обработки и хранения семян на урожайность / Б. А. Карпов // Зерновое хозяйство. – 1977. – № 11.
264. Карпов Б. А. Снижение травмирования повышает сборы и качество зерна / Б. А. Карпов, Г. Т. Николаева, В. Б. Лебедев // Зерновое хозяйство. – 1977. – № 10. – С. 33–24.
265. Карпов Б. А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна / Б. А. Карпов. – М. – Агропромизд. 1987. – 399 с.
266. Киреев М. В. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах / М. В. Киреев, С. М. Григорьев, Ю. К. Ковальчук. – Л. : Колос, 1981. – 223 с.
267. Кириенко Н. В. Травмирование семян яровой пшеницы при комбайновой уборке и при послеуборочной доработке зерна пневмотранспортерами / Н. В. Кириенко // Биология и технология семян. – Х., 1974. – С. 150–153.
268. Кленин Н. И. Исследование вымолота и сепарации зерна: автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра техн. наук / Н. И. Кленин. – М., 1977. – 32 с.
269. Кленин Н. И. Влияние молотильных зазоров на входе и выходе на показатели работы молотильного аппарата / Н. И. Кленин, А. И. Гетьманов // Сельскохозяйственные машины. – 1975. – Т. XIII, вып. I, ч. 1. – С. 90–95.
270. Кленин Н. И. Сопротивление стеблей деформированию / Н. И. Кленин, Н. М. Флайдшер // Сельскохозяйственные машины. – 1975. – Т. XII, вып. 1, ч. 1. – С. 90–95.
271. Климок А. И. Обоснование и выбор признаков сепарации при фракционировании семян / А. И. Климок, М. М. Пучков // Развитие комплексной механизации производства зерна с учетом зональных условий / ВИМ. – М., 1982. – С. 188–190.
272. Ковалишина Г. М. Що впливає на схожість насіння / Г. М. Ковалишина // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 8. – С. 1–3.

273. Кованцов М. І. Диференціальна геометрія / М. І.Кованцов. – К. : Вища шк., 1973. – 104 с.
274. Ковальчук Ю. К. Прогресивные механизированные технологические процессы, основные параметры, режим работы зернокомбинационных комплексов для послеуборочной обработки семян, фуражного зерна и кормов : автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра техн. наук /Ю. К. Ковальчук.– Пушкин, 1993.–40 с.
275. Ковальчук Ю. К. Механизированные технологические процессы обработки зернового вороха / Ю. К. Ковальчук // Тракторы и с.-х. машины. – 1990. – № 4. – С. 21–25.
276. Кожуховский И. Е. Механизация очистки и сушки зерна / И. Е. Кожуховский, Г. Т. Павловский. – М. ; К., 1968. – 440 с.
277. Кокина А. В. Травмирование семян озимой ржи, влияние на микрофлору и всхожесть их при хранении / А. В. Кокина//Тр. КСХИ.–1978.– Вып.59.– С. 80–86.
278. Колышев П. П. Поточная послеуборочная обработка зерна и пути дальнейшего внедрения ее в сельском хозяйстве / П. П. Колышев // Актуальные вопросы послеуборочной обработки и хранения зерна. – М., 1973. – С. 9–12.
279. Коноплев А. И. Как уменьшить травмирование семян в процессе очистки / А. И. Коноплев // Зерновое хозяйство. – 1976. – № 10. – С. 42–63.
280. Коробейников А. В. Жизнеспособность зерна и его микрофлора / А. В. Коробейников // Селекция и семеноводство полевых культур. – 1980. – № 2. – С. 111–113.
281. Коробейников А. В. Влияния микроорганизмов на качество семян / А. В. Коробейников // Селекция и семеноводство полевых культур. – 1979. – № 4. – С. 14–17.
282. Коробицын В. М. О повреждении зерна молотильным аппаратом с вибрационным подбарабашем / В. М. Коробицын // Организация высокоэффективного использования техники в уборочно-транспортных комплексах. – Новгород, 1982. – С. 91–96.

283. Косилов Н. И. Снижение травмирования и потерь зерна при работе зерноуборочных комбайнов и стационарных сепараторов / Н. И. Косилов, В. М. Урайкин // Механизация и автоматизация процессов уборки и обработки зерновых культур. – Новгород, 1984. – С. 54–61.
284. Кравчук В. І. Фундаментальні аспекти створення аналітичних моделей взаємодії робочого елемента машини та об'єкта сировини /В. І. Кравчук, В. П. Давидюк// ГІТАПК. – 2011. – № 1. – С. 4–8.
285. Котов Б. І. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерноматеріалів / Б. І. Котов, С. П. Степаненко, М. Г. Пастушенко // КВЕСГМ / КДТУ. – 2003. – Вип. 33. – С. 53–59.
286. Котов Б. І. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилування, охолодження) /Б. І. Котов, Р. П. Калініченко, С. П. Степаненко, В. О. Швидя, В. О. Лісецький// Монографія: – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М. – 2017. – 552 с.
287. Котов Б. І. До теорії інженерифікації просіювання зернових матеріалів у віброрешітних сепараторах /Б. І. Котов, А. В. Спірін, С. П. Степаненко// ВНАУ. Зб. наук. праць «Вібрації в техніці та технологіях». Вип. № 2 (85). – Вінниця, 2017. – с. 9–15.
288. Креймерман Г. И. Пути снижения травмирования семян пшеницы при обработке на хлебоприемных и семяперерабатывающих предприятиях / Г. И. Креймерман, В. Б. Лебедев. – М. : ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1971. – 49 с.
289. Кубышев. В. А. Исследования ориентирующей способности плоского решета с продолговатыми отверстиями / В. А. Кубышев, П. Н. Лапшин, А. И. Климок // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1978. – Вып. 4.– С. 3–12.
290. Кузин Г. А. Исследование процесса сепарации грубого вороха в роторных соломотрясах с активными решетками : дис. ... канд. техн. наук / Г. А. Кузин. – Ростов-на-Дону, 1968. – 166 с.
291. Кузин Г. А. Ударная модель сопротивления подбарабання перемещению хлебной массы в молотильном пространстве / Г. А. Кузин //

- Проектирование сельскохозяйственных машин и агрегатов для кормопроизводства с элементами САПР : межвуз. сб. – Ростов-на-Дону, 1987. – С. 40–46.
292. Кузин Г. А. Ударная модель сепарации зерна при обмолоте / Г. А. Кузин // Моделирование и анализ рабочих органов сельскохозяйственных машин и агрегатов для кормопроизводства: межвуз. сб.– Ростов-на-Дону, 1986.– С. 77–88.
293. Кузин Г. А. Сепарация зерна подбарабашем с выпуклой входной поверхностью / Г. А. Кузин, Р. П. Псакян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1984. – № 12. – С. 46–48.
294. Кузин Г. А. Состояние и перспективы развития молотильно- сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна / Г. А. Кузин // Проектирование рабочих органов почвообрабатывающей и зерноуборочной техники : межвуз. сб. – Ростов-на-Дону, 1985. – С. 150–154.
295. Кузнецов В. В. Пути уменьшения травмирования семян при эксплуатации зерноочистительных агрегатов / В. В. Кузнецов // Пути снижения травмирования семян с.-х. машинами и повышения их качества : сб. науч. тр. – Воронеж, 1983. – С. 121–132.
296. Кузнецов В. В. Степень повреждения семян при послеуборочной обработке на зерноочистительных машинах / В. В. Кузнецов // Селекция и семеноводство. – 1978. – № 6. – С. 70–71.
297. Кузнецов В. В. Моделирование процессов при проектировании зерноочистительного оборудования / В. В. Кузнецов, А. Г. Буховец, А. В. Шмид // Тракторы и сельхозмашины. – 1997. – № 8. – С. 28–30 .
298. Кузнецов В. В. Характер изменения состояния оболочек зерна при трении / В. В. Кузнецов // Пути снижения травмирования семян с.-х. машинами и повышения их качества. – Воронеж, 1983. – С. 44–50.
299. Куперман Ф. М. Об аномалиях роста растений из травмированных семян пшеницы / Ф. М. Куперман // Биологические основы повышения качества семян сельскохозяйственных растений. – М., 1964. – С. 92–98.

300. Лапшин П. Н. Исследование процесса движения частиц зерновой смеси по активной рабочей поверхности / П. Н. Лапшин, Н. П. Лапшин // Сб. науч. тр. – Благовещенск, 1972. – С. 50–60.
301. Лебедев В. Б. Снижение механических повреждений зерна при послеуборочной обработке / В. Б. Лебедев ; ЦНИИТЭИ. – М.: Мин-во хлебопродуктов СССР, 1987. – 38 с.
302. Липкович Э. И. Об интенсивности выделения зерен из грубого вороха / Э. И. Липкович // Вопросы механизации и электрификации сельскохозяйственного производства / ВНИИМЭСХ. – 1969. – Вып. XII. – С. 133–142.
303. Липкович Э. И. Влияние диаметра барабана на агротехнические показатели молотильного устройства / Э. И. Липкович, В. Я. Жуков // Совершенствование уборки зерновых культур. – Челябинск, 1974. – Вып. 73. – С. 77–82.
304. Лугарев А. Л. Травмирование зерна пшеницы экспериментальной норией с ковшами без дна и устройством для зачистки башмака нории / А. Л. Лугарев, Л. В. Алексеева, В. А. Макаренко // Тр. ВНИИ зерна и продуктов его переработки. – 1991. – Вып. 115. – С. 24–28.
305. Лурье А. И. Аналитическая механика / А. И. Лурье. – М. : ФМЛ, 1961. – 824 с.
306. Майсурян Н. А. Растениеводство / Н. А. Майсурян. – М., 1964. – С. 6–97.
307. Макаров В. К. О причинах травмирования семян при обмолоте / В. К. Макаров // Тр. Волгоградского СХИ. – 1972. – Т. 46. – С. 173–175.
308. Макаров И. Е. Исследование влияния диаметра барабана и длинны деки на качественные и термические показатели процесса обмолота зерновых культур: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук / И. Е. Макаров. – М., 1971. – 26 с.
309. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н. Н. Малинин. – М. : Машиностроение, 1975. – 398 с.
310. Малых Н. Повышение качества зерна / Н. Малых // Биология и технология

- семян. – Х., 2011. – № 1. – с. 47–48.
311. Мальбиш И. Е. Травмирование семян тарелочной чечевицы при транспортировании, очистке и калибровании / И. Е. Мальбиш, Л. Р. Лалиев [и др.] // Науч. тр. ВНИИЗ. – 1976. – Вып. 83. – С. 51–55.
 312. Матвеев А. С. О технологии и технических средствах очистки и сортирования зерна и семян / А. С. Матвеев // Развитие комплексной механизации производства зерна с учетом зональных условий. – М., 1982. – С. 181– 183.
 313. Матвеев А. С. Фракционная технология очистки зерна с использованием универсального аппарата / А. С. Матвеев, А. Н. Зюлин // Науч.-техн. бюл. ВИМ. – 1983. – Вып. 53. – С. 28–31.
 314. Машковцев М. Ф. Повышение эффективности послеуборочной обработки высоковлажного зерна путем совершенствования технологии и технических средств : дис. канд. техн. наук / М. Ф. Машковцев. – Оречи, 1999. – 173 с.
 315. Меркулова Т. А. Изменение качества фракций зерна пшеницы различной крупности при хранении / Т. А. Меркулова // Биохимия и качество зерна : тр. ВНИИЗ. – 1979. – Вып. 92. – С. 59–65.
 316. Мерчалова М. Э. Снижение травмирования зерна пшеницы за счет совершенствования технологического процесса его послеуборочной обработки : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук / М. Э. Мерчалова – Воронеж : ВГАУ, 1992. – 43 с.
 317. Мещерский И. В. Работы по механике тел переменной массы /И. В. Мещерский// М., Л.: Гостехиздат, 1949. – 178 с.
 318. Мороз Н. А. Влияние травмирования семян на их посевные качества / Н. А. Мороз, Л. П. Барановская//Биология и технология семян.–Харьков, 1974.– С. 139–143.
 319. Москвитин В. В. Сопротивление вязко–упругих материалов / В. В. Москвитин. – М.: Наука, 1972. – 327 с.

320. Муромцева И. П. О снижении травмирования озимой ржи при уборке и послеуборочной обработке / И. П. Муромцева // Сб. науч. тр. Пермской с.-х. опыт. станции. – 1978. – Т. 6. – С. 24–30.
321. Муромцева И. П. Особенности хранения семян зерновых культур / И. П. Муромцева // Тр. УНИНХ. – 1984. – Т. 39. – С. 61–64.
322. Нагорный В. Снизить повреждение зерна риса при послеуборочной обработке / В. Нагорный, Н. Соколова, Г. Попов // Мукомольно-элеваторная промышленность. – 1970. – № 9. – С. 7–10.
323. Начинов Д. С. Совершенствование линий для послеуборочной обработки зерна / Д. С. Начинов // Тракторы и с.-х. машины. – 2005. – № 1. – С. 18–20.
324. Нефедова Л. И. Характер и степень травмирования семян озимой ржи в процессе уборки и послеуборочной обработки в условиях Ленинградской области/ Л. И. Нефедова// Записки Ленинградского СХИ.– 1973.– Т. 213.– С. 58–61.
325. Непомнящий Е. А. Кинематика сепарирования зерновых смесей / Е. А. Непомнящий. – М. ; К., 1980. – 174 с.
326. Никитенко Г. Ф. Крупность семян и урожайность ячменя / Г. Ф. Никитенко, Ю. М. Ненароков // Земледелие. – 1966. – № 2. – С. 59–61.
327. Николаева Г. Т. Механические повреждения семян на разных этапах заводской обработки / Г. Т. Николаева // Биология и технология семян. – Х., 1974. – С. 158–161.
328. Новиков П. А. Влияние скоростных режимов транспортирующих органов на повреждение зерна / П. А. Новиков // Материалы IV науч. конф. Всесоюз. НИИ зернового хозяйства. – Целиноград, 1970. – С. 215–218.
329. Новиков П. А. Механические повреждения семян транспортирующими рабочими органами машин / П. А. Новиков, В. Т.Фогель // Науч. тр. ЧИМЭСХ. – 1971. – Вып. 52. – С. 193–196.
330. Новиков П. А. Повреждение семян транспортирующими рабочими органами / П. А. Новиков // Тр. НИИ зернового хоз-ва. – Целиноград, 1971. – С. 102–115.

331. Новиков П. А. Нория с капроновыми ковшами / П. А. Новиков, А. Г. Громов // Селекция и семеноводство. – 1972. – № 3. – С. 67.
332. Овчаров К. Е. Почему семена «стареют» / К. Е. Овчаров, Ю. П. Кошелев. – М.: Знание, 1978. – 64 с.
333. Окнин Б. С. Машины для послеуборочной уборки зерна / Б. С. Окнин, О. В. Горбачев, А. А. Терехин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 238 с.
334. Олейник А. А. Сохранение семян разного качества / А. А. Олейник // Зерновое хозяйство. – 1985. – № 9. – С. 26–27.
335. Орехов Н. И. Уборка и послеуборочная обработка крупяных культур / Н. И. Орехов, А. П. Тарасенко. – М.: Россельхозгиз, 2002. – 66 с.
336. Оробинский В. И. Влияние режимов работы очистки зерноуборочных комбайнов на потери зерна / В. И. Оробинский // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 2005. – № 2. – С. 6–7.
337. Оробинский В. И. Использование двухъярусных четырехрешётных станов для фракционирования зернового вороха / В. И. Оробинский // Зерновое хозяйство. – 2006. – № 4. – С. 18–19.
338. Оробинский В. И. Фракционирование зернового вороха и качество семян / В. И. Оробинский // Тракторы и с.-х. машины. – 2006. – № 10. – С. 29–30.
339. Оробинский В. И. Влияние микроорганизмов и срока хранения на посевные качества семян / В. И. Оробинский // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 2006. – № 11. – С. 33–40.
340. Оробинский В. И. Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян фракционированием и технических средств для ее реализации: автореф. дис. на соискание учен. степени доктора с.-х. наук / В. И. Оробинский. – Воронеж, 2007. – 47 с.
341. Павлов С. А. Состояние и задачи научно-технического обеспечения машинной подготовки семян / С. А. Павлов, И. А. Пехальский, В. М. Дринча // Механизация уборки, послеуборочной обработки и хранения урожая с.-х. культур. – М., 2000. – С. 73–79.
342. Панов А. А. Механические микроповреждения семян зерновых культур

- при послеуборочной обработке / А. А. Панов // Вестн. с.-х. науки. – 1982. – № 5. – С. 66–67.
343. Панов А. А. Повреждение зерна при истечении из завальной ямы и бункера-накопителя / А. А. Панов // Механизация и электрификация соц. с.-х. производства. – 1977. – № 4. – С. 51–52.
344. Панов А. А. Как избежать повреждения семян зерновых культур во время послеуборочной обработки / А. А. Панов // Зерновое хозяйство. – 1978. – № 10. – С. 28–30.
345. Панов А. А. Травмирование семян в результате трения / А. А. Панов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980. – № 11. – С. 18–19.
346. Панов А. А. Технология послеуборочной обработки семян зерновых культур / А. А. Панов. – М. : Колос, 1981. – 145 с.
347. Пехальский И. А. К оценке травмирования семян при послеуборочной обработке / И. А. Пехальский // Пути повышения качества зерна и зернопродуктов, улучшения ассортимента крупы, муки и хлеба : тез. докл. Всесоюз. науч. конф. – М., 1989. – С. 62–63.
348. Плаксин В. Ф. Испытание трубопроводов из различного материала при пневматическом транспортировании семенного зерна / В. Ф. Плаксин, С. А. Чазов // Тр. Уральского НИИ с.-х. – 1967. – Т. VII. – С. 455–457.
349. Пивень В. В. Совершенствование технологического процесса очистки зернового вороха аэродинамическим свойством : автореф. дис. на соискание учен. степени доктора техн. наук / В. В. Пивень. – Челябинск, 1994. – 48 с.
350. Подгорный П. И. Повреждения зерна можно снизить / П. И. Подгорный, А. П. Тарасенко, Н. И. Орехов // Зерновое хозяйство. – 1972. – № 10. – С. 22–23.
351. Подоляко В. И. К технологии разделения исходного зерна на фракции целевого назначения / В. И. Подоляко // Эксплуатация и ремонт машинно-тракторного парка. – Новгород, 1981. – С. 30–35.

352. Присяжнюк М. В., Адамчук В. В. Теорія вібраційних машин сільсько-господарського виробництва: монографія / М. В. Присяжнюк, В. В. Адамчук, В. М. Булгаков та ін. – Вид-во «Аграрна наука», 2013. – 440 с.
353. Поздняков Г. М. Оценка посевных качеств семян / Г. М. Поздняков // Зерновое хозяйство. – 1960. – № 8. – С. 21–22.
354. Пугачев А. Н. Механическое повреждение зерна современными комбайнами и методы его определения / А. Н. Пугачев // Биология и технология семян. – Х., 1974. – С. 130–135.
355. Пугачев А. Н. Микроповреждения и качество семян зерновых / А. Н. Пугачев // Земледелие. – 1965. – № 7. – С. 81–83.
356. Пугачев А. Н. Повреждение зерна машинами / А. Н. Пугачев. – М., 1976. – 320 с.
357. Пустыгин М. А. Повышение технического уровня и эффективности использования зерноуборочных комбайнов / М. А. Пустыгин. – М. : ЦНТИ тракторосельмаш, 1970. – 179 с.
358. Пустыгин М. А. Пути повышения и расчет пропускной способности зерноуборочных комбайнов / М. А. Пустыгин // Тракторы и сельхозмашины. – 1978. – № 11. – С. 17–21.
359. Пустыгин М. А. Физико-механические особенности зернового вороха и их влияние на качество обмолота / Б. М. Пустыгин // Тракторы и сельхозмашины. – 1977. – № 10. – С. 15–21.
360. Пьяных В. П. Снижение травмирования зерна при обмолоте / В. П. Пьяных, С. А. Родимцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – № 12. – С. 4–6.
361. Разоренова Е. Е. Влияние травмирования при перемещении внутри элеватора на семенные свойства гороха, гречихи и проса / Е. Е. Разоренова, В. В. Макаров // Тр. ВНИИЗ. – 1971. – Вып. 71. – С. 36–41.
362. Раус Э. Динамика системы твердых тел : в 2-х т. : пер. с англ. / Э. Раус. – М. : Наука, 1983. – Т. 1. – 462 с. ; Т. 2. – 544 с.
363. Ребиндер П. А. Значение физико-химических процессов при механическом разрушении и обработке твердых тел в технике / П. А. Ребиндер // Вестн. АН СССР. – 1940. – Вып. 10, № 85. – С. 137–140.

364. Ревякин Е. Л. Как повысить эффективность агрегатов и комплексов / Е. Л. Ревякин, В. Г. Просвирин // Земледелие. – 1992. – № 5. – С. 39–44.
365. Репин А. Н. Травмирование семян зерновых и пути его устранения / А. Н. Репин, А. И. Науменко // Биология и технология семян. – Х., 1974. – С. 143–147.
366. Рожанський О. Оцінка якості роботи зернозбиральних комбайнів у господарствах України / О. Рожанський, М. Харченко, В. Кремсол // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 5. – С. 28–31.
367. Рубан В. С. Повышение качества семян зерновых культур / В. С. Рубан, Н. Н. Котляр, В. П. Шкурпела. – М. : Россельхозиздат, 1981. – 47 с.
368. Самуль В. И. Основы теории упругости и пластичности / В. И. Самуль. – М. : Высшая шк., 1982. – 262 с.
369. Сечкин В. С. Повышение эффективности подготовки семенного материала / В. С. Сечкин, А. Д. Галкин, В. Д. Галкин // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 2003. – № 6. – С. 9–10.
370. Строна И. Г. Травмирование семян и его предупреждения / И. Г. Строна. – М.: Колос, 1972. – 157 с.
371. Строна И. Г. Общее семяноведение полевых культур / И. Г. Строна. – М.; К., 1966. – 464 с.
372. Строна И. Г. Травмирование семян зерновых культур и урожай./ И. Г. Строна // Биология и технология семян. – Харьков, 1974. – С. 122–129.
373. Строна И. Г. Биологические основы семеноводства / И. Г. Строна // Сельскохозяйственная биология. – 1980. – № 4. – С. 483–489.
374. Тарасенко А. П. Предупреждение травмирования семенного зерна сельскохозяйственными машинами : рекомендации / А. П. Тарасенко, В. И. Оробинский [и др.]. – Воронеж, 1983. – 26 с.
375. Тарасенко А. П. Пути снижения травмирования зерна / А. П. Тарасенко // Пути снижения травмирования семян сельскохозяйственными машинами и повышения их качества : сб. науч. тр. / Воронежский СХИ. – 1983. – С. 5–26.
376. Тарасенко А. П. Влияние внешних нагрузок и физико-механических свойств на их травмирование и посевные качества /

- А. П. Тарасенко, И. А. Резниченко, В. И. Руденко, Н. В. Коноплин // Пути снижения травмирования семян сельскохозяйственными машинами и повышения их качества. – Воронеж, 1983. – С. 26–44.
377. Тарасенко А. П. Снижение травмирования зерна при уборке и послеуборочной обработке / А. П. Тарасенко, М. Э. Гульстен // Техника в сельском хозяйстве. – 1985. – № 9. – С. 14–15.
378. Тарасенко А. П. Снижение повреждения зерна нориями / А. П. Тарасенко, И. В. Шатохин // Техника в сельском хозяйстве. – 1985. – № 11. – С. 57.
379. Тарасенко А. П. Технология производства семян как сложная функциональная система / А. П. Тарасенко // Совершенствование технологии и технических средств для производства семян сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. / Воронежский СХИ. – 1986. – С. 4–12.
380. Тарасенко А. П. Травмирование зерна элементами поточных технологических линий / А. П. Тарасенко // Природопользование, ресурсы, техническое обеспечение : межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж, 2000. – С. 178–180.
381. Тарасенко А. П. Влияние современных зерноочистительных машин и оборудования на качество семян и выбор наиболее перспективных для разработки или реконструкции семяочистительных линий / А. П. Тарасенко [и др.]. – Воронеж, 2008. – 16 с.
382. Тарасенко А. П. Совершенствование средств механизации послеуборочной обработки семян / А. П. Тарасенко, М. Э. Мерчалова, Д. Н. Мироненко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 1. – С. 50–52.
383. Тарасенко А. П. Влияние схемы размещения решёт в решётном стане для фракционирования зернового вороха / А. П. Тарасенко, В. И. Оробинский // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 3. – С. 32–34.
384. Тарасенко А. П. Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна / А. П. Тарасенко, М. Э. Мерчалова, И. В. Баскаков // Вестн. ВГАУ. – 2009. – № 3. – С. 5–9.

385. Тарасенко А. П. Пути реконструкции и совершенствования зерноочистительных агрегатов / А. П. Тарасенко // Тракторы и с.-х. машины. – 2001. – № 4. – С. 34–35.
386. Тарасенко А. П. Влияние влажности зерна при уборке и послеуборочной обработке на посевные качества семян / А. П. Тарасенко, В. И. Оробинский, М. Э. Мерчалова // Хранение и переработка зерна. – 2000. – № 9. – С. 12–13.
387. Тарасенко А. П. Выделение семенной фракции при послеуборочной обработке / А. П. Тарасенко, Р. А. Тарасенко, Ю. М. Соловьев // Новые разработки технологий и технических средств механизации сел. хоз-ва: сб. науч. тр. / ВГАУ. – Воронеж, 2004. – С. 114–118.
388. Тарасенко А. П. Оптимальная влажность семян и уровень травмирования их при обмолоте / А. П. Тарасенко, В. И. Оробинский, А. М. Долматов // Зерновое хозяйство. – 1983. – № 6. – С. 29–30.
389. Тарасенко А. П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке / А. П. Тарасенко. – Воронеж : ФГОУ ВПО ВТАУ, 2003. – 331 с.
390. Теплинский Н. И. Снижение травмирования зерна при транспортировании в самотечных устройствах / Н. И. Теплинский // Транспортное обеспечение при крупногрупповом использовании с.-х. техники : сб. науч. тр. / ВГАУ. – Воронеж, 1985. – С. 75–82.
391. Теплинский Н. И. Снижение травмирования семян в самотечных устройствах зерноочистительных агрегатов / Н. И. Теплинский // Совершенствование технологии и технических средств для производства семян с.-х. культур : сб. науч. тр. / Воронеж. с.-х. ин-т. – Воронеж, 1986. – С. 60–64.
392. Тимошенко С. П. Курс теории и упругости / С. П. Тимошенко. – К.: Наукова думка, 1972. – 501 с.
393. Тимошенко С. П. Статические и динамические проблемы теории упругости / С. А. Тимошенко. – К. : Наукова думка, 1975. – 563 с.

394. Ткалич И. Д. Цветок солнца / И. Д. Ткалич, Ю. И. Ткалич, С. Г. Рычик // Основы биологии и агротехники подсолнечника. – Днепропетровск. – 2011. – 172 с.
395. Тищенко Л. Н. Виброрешетная сепарация зерновых смесей / Л. Н. Тищенко, В. П. Олышанский, С. В. Олышанский. – Харьков : Міськдрук, 2011. – 280 с.
396. Тищенко Л. Н. Интенсификация сепарирования зерна / Л. Н. Тищенко. – Харьков : Основа, 2004. – 224 с.
397. Турбин. Б. Г. Сельскохозяйственные машины / Б. Г. Турбин, А. Б. Лурье, С. М. Григорьев. – Л. : Машиностроение, 1967. – С. 283–358.
398. Ульрих Н. Н. Методы агрономической оценки эффективности машинного сортирования семян / Н. Н. Ульрих // Тр. ВИМ. – 1961. – Т. 30. – С. 4–304.
399. Фадеев Л. В. Линия очищающе-калибрующих машин / Л. В. Фадеев // Насінництво. – 2011. – № 3. С. 22–27.
400. Фадеев Л. В. Сильные семена на каждое поле / Л. В. Фадеев // Харьков: СПЕЦ ЭММ, 2015. – 176 с.
401. Фадеев Л. В. Зерно нельзя бить – оно основа жизни человека / Л. В. Фадеев. – Харьков: СПЕЦ ЭММ, 2015. – 96 с.
402. Фадеев Л. В. Что мы сеем? / Л. В. Фадеев, Д. А. Деревянко. – Харьков: СПЕЦ ЭММ, 2016 – 33 с.
403. Фейденгольд В. Б., Закладний Г. А., Алексеева Л. В., Львова Л. С., Темиртекова С. А. Меры борьбы с потерями зерна при заготовках, послеуборочной обработке и хранении на элеваторах и хлебоприемных предприятиях / Под ред. В. Б. Фейденгольда – м.: Де Ли принт, 2007. – 320 с.
404. Фирсова М. К. Оценка качества зерна и семян / М. К. Фирсова, Е. П. Попова. – М. ; К., 1981. – 223 с.
405. Царенко О. М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко. – К. : Мета, 2003. – С. 5–73, С. 207–311.
406. Цециновский В. М. Разделение семян по комплексу физико-механических свойств / В. М. Цециновский. – М. : Колос, 1976. – 180 с.

407. Цециновский В.М. Влияние геометрии «трудных» зерен и отверстий сыта на условия сепарирования / В. М. Цециновский, И. Г. Шапиро // Тр. ВНИИЗ. – 1970. – Вып. 69. – С. 13–18.
408. Чазов С. А. Пути снижения травмирования зерна и приемы повышения качества поврежденных семян / С. А. Чазов, И. П. Муромцева, В. А. Федорова // Биология и технология семян. – Харьков, 1974. – С. 135–139.
409. Чазов С. А. Результаты исследования пневматической установки с полиэтиленовым трубопроводом для транспортировки семенного зерна / С. А. Чазов, В. Ф. Плаксин // Биология и технология семян. – Харьков, 1974. – С. 16–19.
410. Чазов С. А. Травмирование семян и пути его снижения (при механизированной уборке, обмолоте, сортировании) / С. Чазов, П. Шелепень, З. Воцкий // Уральские нивы. – 1981. – № 8. – С. 41–43.
411. Чазов С. А. Биологические свойства повреждения семян и методы их улучшения / С. А. Чазов // Зерновое хозяйство. – 1977. – № 6. – С. 30.
412. Чазов С. А. Семеноводство на промышленной основе / С. А. Чазов, Ю. А. Симонов. – М. : Россельхозиздат, 1978. – 198 с.
413. Черный А. С. Пути снижения повреждаемости семян при работе зерновой нории НЗ-20 / А. С. Черный // Науч. тр. ЧИМЭСХ. – 1973. – Вып. 8. – С. 270–275.
414. Чижигов А. Г. Основные направления развития технологии и технических средств сушки зерна и семян / А. Г. Чижигов // Сб. науч. тр. ВИМ. – 2000. – Т. 132. – С. 79–90.
415. Чудин И. А. Возможность уменьшения обратной сыпи зерна при разгрузке ковшей нории / И. А. Чудин // Науч. тр. Омского СХИ. – 1975. – Т. 114. – С. 92–93.
416. Чудин И. А. Механические повреждения семян и урожайность / И. А. Чудин // Земля Сибирская, Дальневосточная. – 1977. – № 8. – С. 7–8.
417. Чудин И. А. Разгрузка ковшей нории / И. А. Чудин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1979. – № 11. – С. 49–50.

418. Чудин И. А. Исследование повреждения зерна на отдельных участках нории (на зерноочистительных машинах) / И. А. Чудин // Тракторы и сельхозмашины. – 1980. – № 8. – С. 16–17.
419. Шалагинов Ю. В. Повреждение зерна при соударении с неподвижной поверхностью / Ю. В. Шалагинов, Л. В. Анисимова // Сибир. вестн. с.-х. науки. – 1975. – № 6. – С. 109–112.
420. Шарийко Е. А. Хранение семян сельскохозяйственных культур и кормовых трав / Е. А. Шарийко, Н. П. Черновский. – М. ; К., 1980. – 207 с.
421. Шатохин И. В. Пути снижения травмирования зерна при перегрузке его нориями (зерноочистительных линий) / И. В. Шатохин // Транспортное обеспечение при крупногрупповом использовании с.-х. техники : сб. науч. тр. – Воронеж, 1985. – С. 65–67.
422. Шатохин И. В. Обратная сыпь зерна в нории и пути ее снижения / И. В. Шатохин, А. П. Тарасенко // Индустриальные технологии и перспективные рабочие органы машин для послеуборочной обработки зерна. – Новосибирск, 1986. – С. 142–148.
423. Шатохин И. В. Теоретические исследования процесса травмирования зерна ковшовыми элеваторами / И. В. Шатохин. – Воронеж : ВСХИ, 1986. – 24 с.
424. Шацкий В. П. Регулирование скорости воздушного потока в аспирационных каналах зерноочистительной машины / В. П. Шацкий, В. И. Оробинский, А. И. Королёв // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 2006. – № 9. – С. 3–4.
425. Шпаар Д. Зерновые культуры / Д. Шпаар // Выращивание, уборка, хранение и использование. – К.: Издательский дом «Зерно», 2012. – 704 с.
426. Эрк Ф. Н. Технология послеуборочной обработки семенного зерна с выделением фуражной фракции до сушки / Ф. Н. Эрк, А. Е. Иванов, В. В. Леонтьев // Селекция и семеноводство. – 1985. – № 3. – С. 60–61.
427. Яговкин П. В. Совершенствование технологических линий зернотоков: рекомендации / П. В. Яговкин. – К. : НИИСХСВ, 1990. – 30 с.

428. Юхин Г. П. Повышение эффективности послеуборочной обработки зерна / Г. П. Юхин, В. А. Печаткин, А. Н. Хасанов // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – 2010. – № 3. – С. 33–38.
429. Ямпиров С. С. Технология очистки и сортирования семян / С. С. Ямпиров // Земледелие. – 1999. – № 4. – С. 40–41.
430. Baker K. D. Grain damage and dust generation in a pre-assure system / K. D. Baker, R. L. Stroshine, K. J. Maggee // Transaction of the ASAE. – 1986. – Vol. 29, № 3. – P. 840–847.
431. Caspers L. Die Abscheide funktion als Beitrag zur Theorie des Schlagleistendreschwerkes : dissertation / L. Caspers. TU Braun – schweig, Volkenrode 1973. – P.88.
432. Caspers L. Einflu von Spaltweite, Spalt – und Korbform auf dem Dreschvorgang / L. Caspers. // Grundl. d. Land. – 1966. – Bd. 16 № 6. – S. 220–228.
433. Clark B. Flow Properties of Fluidized Seeds and Grains / B. Clark, M. Salyani, T. Nithianandan // Journal of Agricultural Engineering Research. – 1990. – Vol. 47, № 2. – P. 123–132.
434. Chahal B. C. Effekt of different levels of grain moisture on viability of wheat seed / B. C. Chahal, M. Ramzan // Bull. Grain Technol. – 1986. – № 1. – P. 11–12.
435. Cooper G. Trennung im DK bei Laborversuchen / G. Cooper. – Trans ASAE, 1972. – S. 865–869.
436. Cyrus P. Coefficient of Shear Friction of Grain against Steel / P. Cyrus // Zemedelska technical. – 1986. – 32(9). – P. 543–552.
437. Deniels T. C. Measurement of the drag on spheres moving through gaseous fluidized bed / T. C. Deniels // Journal of mechanization and Engineering science. – 1962. – Vol. 4, № 2. – P. 102–110.
438. Effects of moisture content on quantitative and qualitative losses in wheat / B. K. Bala, N. D. Hussain, S. M. Hossain Saif, M. I. Hussain // Agric. Mechan. In Asia. – 1980. – V. 11, № 2. – P. 69–71.
439. Gorial B. Y. Aerodynamic Properties of Grain: Straw Materials / B. Y. Gorial, J. R. Oallaghon // Jurnal of Agricultural Engineering Research. – 1990. – Vol. 46, № 1. – P. 275–290.

440. Jayas D. S. Thin-layer drying of barley at low temperatures / D. S. Jayas, S. Sokhansanj. – Canadian agr. icultural Engineering. – 1989. – 31 p.
441. Fischer W. E. Dreschversuche mit verschiedenen Schlag – und Korableisten / W. E. Fischer // Die Techniak der Landwirtschaft. – 1935. – № 12. – S. 313–317.
442. Frenzel D. Der Einfluss der Korb Konstruktion auf der Kornabscheidung im Dreschkorb. / D. Frenzel // Wissenschaftlich Zeitschrift der Humboldt-Universitat. – 1968. – P. 82-96.
443. Huynh V. M. Threshing and Separating Process / V. M. Huynh, T. Powelt, S. N. Siddall // A mathematical Model. Transactions of the ASAE. – 1982. – Vol. 25, № 1. – P. 65–73
444. Kanafoiski C. Grundlagen erntetechnischer Baugruppen. VEB VERLAG TECHNIK / C. Kanafoiski. – Berlin, 1973. – 312 s.
445. Kenzie B. The vertical bucket elevator. At the center of things in grain handling / B. Kenzie // World Farmg. – 1970. – 12, № 1. – P. 18–19.
446. Kolymbad D. Constitutive modeling of granular materials / D. Kolymbad. – Berlin, 2000. – 184 p.
447. Kolowca I. Wartość biologicz naziarnapr zhenicy poddanego dzialaniu obciażen dynamicznyh / I. Kolowca, S. Rys, I. Ślipek // Zagadnienia biologi invasion Inasiennictwa. – Warszawa, 1984. – P. 417–421.
448. Kolowca I. The influence of moisture content of mechanical damage of wheat grain / I. Kolowca // Sb. Mechan. Fak. Vysoke Skoly Zemed. U Praze. – 1985. – U. 1. – P. 469–473.
449. Mahmud A. R. Distribution of shelled corn and mechanical damage in the combine cylinder / A. R. Mahmud // Trans. ASAE. – 1975. – Heft 3. – S. 448–452.
450. Mahmud A. R. Korn orientation Effects on mechanical damage and forces of concave / A. R. Mahmud, W. F. Buchele // Trans. ASAE. – 1975. – V. 118, № 3.
451. Numerical calculation of internal stresses in brown rice Kernel during drying process / I. S. Yamaguchi, S. Yamazawa, K. Waka – bayashi, T. Tachitani // On the moisture moment in a brown rice kernel.– 1982. – U. 43, № 4. – P. 581–587.

452. Petruzzelli L. Wheat viability at high moisture content under hermetic and aerobic storage conditions / L. Petruzzelli // *Ann.Bot. (USA)*. – 1986. – № 2. – P. 259–265, 287.
453. Reinhard Hebmuth. Kornerforderungs-Systeme und ihre Beurteilung in der DLG-Prufung / Hebmuth Reinhard // *Landtechnik*. – 1973. – 28, № 16. – P. 444–447.
454. Zaltzman A. Separating flower bulbs and stones in a fluidized bed. / A. Zaltzman, Z. Schmilovitch, A. Mizrach // *Canadian Agricultural Engineering*. – 1985. – Vol. 27, № 2. – P. 63–67.
455. Sinha R. N. Vulnerability of common wheat cultivators to major store-product beetles / R. N. Sinha, C. J. Demianyk, R. I. McKenzie // *Can. J. Plant Sci.* – 1988. – № 2. – P. 337–343.
456. Studies of the strain and the cracking of rice kernels under drying. 3 Particularly on the moment of maker point and that shrinkage strain on the surface of kernel of rough rice / Y. Miwa, H. Kobayashi, T. Torii, M. Kanamoto // *J. Soc. Agr. Mach., Japan*. – 1979. – U. 41, № 1. – P. 83–95.
457. Stuke F. Sortenmishungen im Weizenanbau / F. Stuke, H. Fehrmann // *mitt. Biol. Bundensamst. Land-und Forstwirtschaft*. – Berlin ; Dahlem, 1986. – № 232. – S. 134.
458. Summer A. K. The effect of dry temperature on the properties and quality of immature barley / A. K. Summer, W. L. Crowle, D. T. Spurr. // *Canada. J. Plant. Sci.* – 1989. – 69p.
459. Ther M. Zmeny pevnosti zrna pšenice při poakovanem mechanickem namáhání / M. Ther // *Zemědělská Technika*. – 1981. – U. 28, № 1. – P. 48–56.
460. Thümer W. Entwicklung von Elementen zur Korn Stroh Sortierung in einem Dreschwerk mit Hilfe von Methoden der mathematischen Modellierung / W. Thümer, I. Paulitz // *Agratechnik*. – 1977. – 11. – S. 503–505.
461. Trollope I. R. A mathematical Model of the Threshing process in a conventional Combine-Thresher / I. R. Trollope // *Journal of Agricultural Engineering Research*. – 1982. – Vol. 27, Number 2. – P. 119–130

Додатки

Додаток 1

Комп'ютерні оброблення

Аналітичне відображення деформації та травмування зернівок при потраплянні на пневмосепаруюче пристосування

Тому для чисельного розв'язку системи аналітичних моделей (26, 27) із багатоманітною кількістю вхідних та вихідних параметрів розробимо файл – програму, яку у сольверах MatLab 5.3/6.x використаємо як модернізовану файл – функцію, означену певним дескриптором [21, 23]. Сутність модернізації полягає в тому, що у файл – програмі декларується один елемент масиву пам'яті, у якому змінні величини занесені за списком, визначеним спеціальними функціями `varargin` та `varargout`. Тоді файл – функція, яка аналітично відображає падіння зерна з висоти 0.5 м, набуває, наступної конфігурації:

```
function f = PadinZerna(t,varargin)
```

```
g = 9810;
```

```
varargin{1}(1);
```

```
dzedt = varargin{1}(2);
```

```
f = [-dzedt; g];
```

А файл – програму запишемо в наступному вигляді:

```
set(0,'RecursionLimit',500000)
```

```
tspan = 0:0.001:0.4;
```

```
options = odeset('RelTol',1.0e-2);
```

```
[t,varargout] = ode45(@PadinZerna,tspan,[500,0],options);
```

```
subplot(1,2,1)
```

```
plot(t, varargout(:,1), 'k-')
```

```
grid on
```

```
hold on
```

```
subplot(1,2,2)
```

```
plot(t, varargout(:,2), 'k-')
```

```
grid on
```

```
hold on
```

hold off,

де `set(0,'RecursionLimit',500000)` – функція, яка встановлює ліміт елементів розрахунку;

`tspan = 0:0.005:1` – вектор, який визначає інтервал інтегрування;

`options = odeset('RelTol',1.0e-2)` – аргумент, який виводить параметри, встановлені функцією 'odeset';

`[t,varargout] =ode45(@PadinZerna,tspan,[0,0],options)` – інтегрує систему диференціальних рівнянь виду $\dot{y} = f(t, y)$ на інтервалі `tspan` з початковими умовами y_0 ;

`@PadinZerna` – дескриптор файл – функції "PadinZerna". Кожен рядок в масиві розв'язку `varargout` відповідає значенню часу, яке повертається у вертикальний вектор t ;

`plot(t, varargout(:,1), 'k-')` – функція зображення графіка на екрані зі встановленим стилем та кольором лінії;

`grid on` – команда для нанесення координатної сітки на рисунок;

`hold on` – команда для об'єднання графіків в одній фігурі;

`hold off` – команда для розміщення графіків в нових вікнах, рис. 2 - Характер зміни кінематичних параметрів зернівки при падінні.

Оскільки прискорення кінця падіння зерна є початковим прискоренням деформування його речовини, то файл – функцію системи рівнянь (26, 27) із врахуванням початкових умов представимо у такому вигляді:

```
function f = DeformZerna(t,varargin)
```

```
g = 3130;
```

```
R = 4;
```

```
m = 0.005;
```

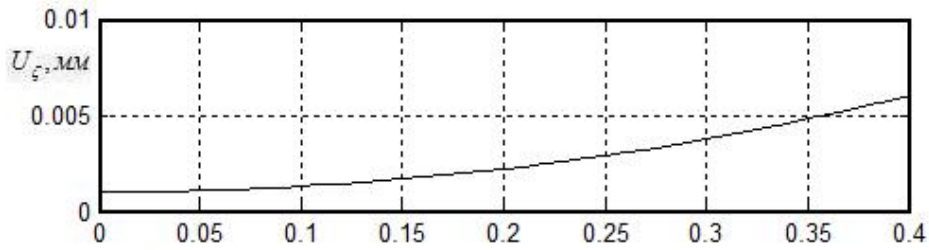
```
Udz = varargin{1}(1);
```

```
Udzdt = varargin{1}(2);
```

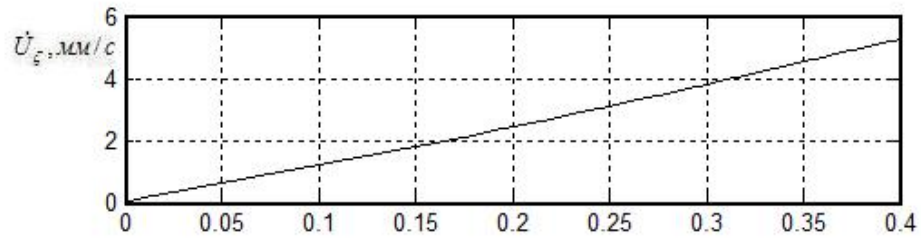
```
teta = varargin{1}(3);
```

```
tetat = varargin{1}(4);
```

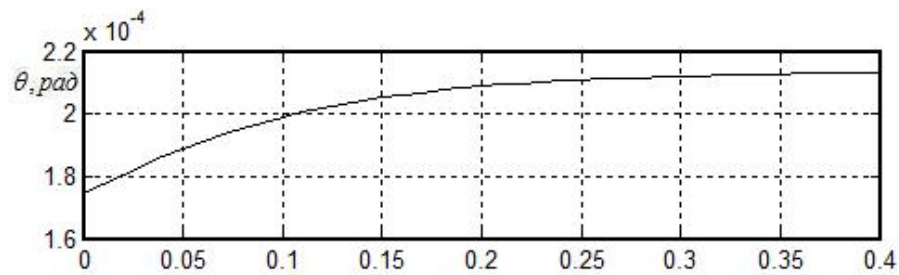
```
set(0,'RecursionLimit',500000)
tspan = 0:0.1:29;
options = odeset('RelTol',1.0e-2);
[t,varargout] = ode45(@DeformZerna,tspan,[0.0001,0,(pi/180).*...
0.001,0.001.*6.28, 0],options);
subplot(4,2,1)
plot(t, varargout(:,1), 'k-')
grid on
hold on
subplot(4,2,2)
plot(t, varargout(:,2), 'k-')
grid on
hold on
subplot(4,2,3)
plot(t, varargout(:,3), 'k-')
grid on
hold on
subplot(4,2,4)
plot(t, varargout(:,4), 'k-')
grid on
hold on
subplot(4,2,5)
plot(t, varargout(:,5), 'k-')
grid on
hold on
hold off
```



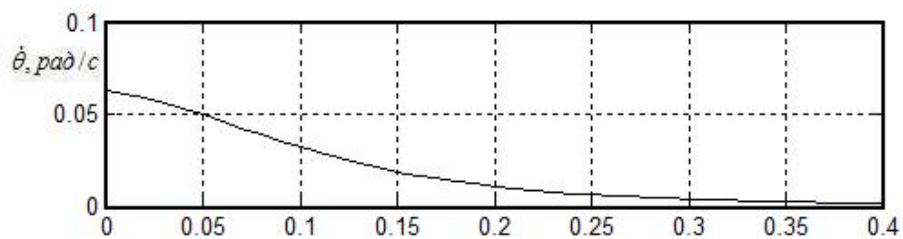
а



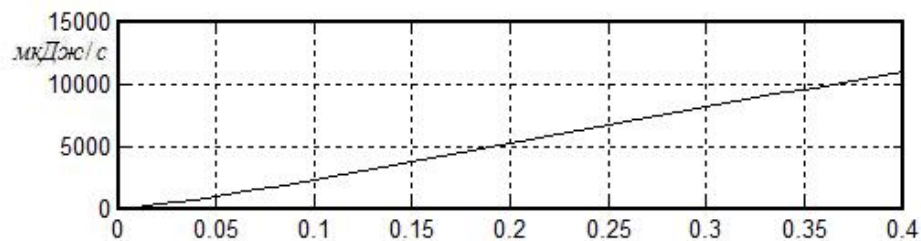
б



в



г



д

Рис 3. Характер поступальної (а, б) і кутової (в, г) деформації речовини зернівки за плином часу та потужності деформації (д).

Продовження додатка 1

За виконанням файл – програми побудовано графічні залежності (рис. 3), які відображають характер кінематичних параметрів. Результати їх аналізу свідчать, що деформація та її швидкість за 0.32 с збільшується і при швидкості $4.2 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$ (рис. 3 б) вона сягає величини – 0.004 мм (рис. 3 а), що значно менше граничної межі руйнування (0.032 мм), при цьому кутові параметри, θ і $\dot{\theta}$, величина яких відповідно становить 0.0002 рад та $0.003 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$ (рис. 3 в, г) набувають сталого режиму. Потужність деформації також збільшується і за 0.32 с вона становить 9011.7 мкДж (рис. 3 д).

За вищенаведеними припущеннями речовина зерна є однорідна, а пружно – в'язкі властивості незмінні за будь – яким напрямком, що зумовлює постійність пружних і в'язких властивостей речовини розглядуваного зерна. У зв'язку з цим припускаємо, що кутове прискорення речовини зерна відсутнє. Тоді перемноживши перші компоненти на відношення величин $U \cdot c / U \cdot c$, розмірністю $m \cdot c / m \cdot c$, а другі компоненти рівнянь системи (26, 27) на відношення

U / U , розмірністю m / m , система рівнянь (26, 27) набуває вигляду:

$$m\ddot{U} = -4\mu\dot{U}U \cot\theta + 2\nu U^2 (\cot^2\theta - 1) + mg, \quad (30)$$

де m - маса зерна, кг;

μ , ν – відповідно величини в'язких і пружних властивостей речовини зерна; $\text{МПа} \cdot \text{с}$, МПа , розмірністю: $\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$.

Дослідження характеру деформування речовини зернівки, представленого рівнянням (30), проведемо за способом чисельного його розв'язку. За початковими умовами програма файл – функції "Dzerna1" представимо в такому вигляді:

```
function f = Dzerna1(t,varargin)
```

```
m = 0.005;
```

```
g = 3130;
```

```
k = 0.6; c = 200...
```

```
plot(t, varargout(:,4), 'k-')
```

```
grid on
```

```
hold on
```

```
subplot(4,2,5)
```

```
plot(t, varargout(:,5), 'k-')
```

```
grid on
```

```
hold on
```

```
hold off
```

Дослідження характеру деформування зернівок, представленого рівняннями (31, 32, 33, 34), проведемо за способом чисельного їх розв'язку. За початковими параметрами деформування зерна, геометричними та масовими параметрами зерна $R = 4$ мм, $m = 0.001$ г, кута нахилу робочого елемента $\alpha = 15^\circ$, програма файл – функції "DAlfa" представимо в такому вигляді:

- програму файл – функції:

```
function f = DAlfa(t,varargin)
```

```
alfa = (pi/180).*15;
```

```
g = 3130;
```

```
R = 4;
```

```
m = 0.005;
```

```
Udz = varargin{1}(1);
```

```
Udzdt = varargin{1}(2);
```

```
teta = varargin{1}(3);
```

```
tetat = varargin{1}(4);
```

```
Udz1 = varargin{1}(5);
```

```
Udzdt1 = varargin{1}(6);
```

```
teta1 = varargin{1}(7);
```

```
tetat1 = varargin{1}(8);
```

```
varargin{1}(9);
```

```
f = [m.*Udzdt; m.*(-4.*tetat.*Udzdt.*cot(teta)-2.* tetat.^2.*Udz.*...
```

```

R.*sin(teta)./2.*Udz)+g.*tan(teta).*sin(alfa)./2.*Udz)./(1+R.*sin(teta).*...
tan(teta)./2.*Udz))).*(-2.*tetat.^2.*Udz.*(cot(teta).^2-1)-4.*tetat.*Udzdt.*...
cot(teta)+g.*sin(teta))))+m.*((2.*Udz1.*cot(teta1).*(-2.*tetat1.*Udzdt1./...
Udz1-tetat1.^2.*(cot(teta1)-tan(teta1)+R.*sin(teta1)./2.*Udz1)+...
g.*tan(teta1).*cos(alfa)./2.*Udz1)./(1+R.*sin(teta1).*tan(teta1)./2.*...
Udz1)).^2-4.*Udz1.*cot(teta1).*((2.*tetat1.*Udzdt1./Udz1-tetat1.^2.*...
(cot(teta1)-tan(teta1)+R.*sin(teta1)./2.*Udz1)+g.*tan(teta1).*cos(alfa)./...
2.*Udz1)./(1+R.*sin(teta1).*tan(teta1)./2.*Udz1))).*(-4.*tetat1.*Udzdt1.*...
cot(teta1)-2.* tetat1.^2.*Udz1.*(cot(teta1).^2-1)+g.*cos(alfa)-2.*...
Udz1.*cot(teta1).*((-2.*tetat1.*Udzdt1./Udz1-tetat1.^2.*(cot(teta1)-...
tan(teta1)+R.*sin(teta1)./2.*Udz1)+g.*tan(teta1).*cos(alfa)./2.*Udz1)./(1+...
R.*sin(teta1).*tan(teta1)./2.*Udz1))-2.* tetat1.^2.*Udz1.*(cot(teta1).^2-...
1)-4.*tetat1.*Udzdt1.*cot(teta1)+g.*cos(alfa))+(-4.*tetat1.*Udzdt1.*...
cot(teta1)-2.* tetat1.^2.*Udz1.*(cot(teta1).^2-1)+g.*cos(alfa)-2.*Udz1.*...
cot(teta1).*((-2.*tetat1.*Udzdt1./Udz1-tetat1.^2.*(cot(teta1)-tan(teta1)+...
R.*sin(teta1)./2.*Udz1)+g.*tan(teta1).*cos(alfa)./2.*Udz1)./(1+R.*...
sin(teta1).*tan(teta1)./2.*Udz1))).^2-2.*(-4.*tetat1.*Udzdt1.*cot(teta1)-...
2.* tetat1.^2.*Udz1.*(cot(teta1).^2-1)+g.*cos(alfa)-2.*Udz1.*cot(teta1).*...
((-2.*tetat1.*Udzdt1./Udz1-tetat1.^2.*(cot(teta1)-tan(teta1)+R.*sin(teta1)./...
2.*Udz1)+g.*tan(teta1).*cos(alfa)./2.*Udz1)./(1+R.*sin(teta1).*tan(teta1)./...
2.*Udz1))).*(-2.*tetat1.^2.*Udz1.*(cot(teta1).^2-1)-4.*tetat1.*Udzdt1.*...
cot(teta1)+g.*cos(alfa))))];

```

при цьому файл виконавчого модуля набуває форми:

```
set(0,'RecursionLimit',500000)
```

```
tspan = 0:0.001:0.35;
```

```
options = odeset('RelTol',1.0e-2);
```

```
[t,varargout] =
```

```
ode45(@DAlfa,tspan,[0.0001,0.01,(pi/180).*0.01,0.001.*6.28,0.0001,0.01,...
(pi/180).*0.01,0.001.*6.28,0],options); subplot (5,2,1-5,2,8)...
```

```
plot(t, varargout(:,8), 'k-')
```

```
grid on
```

```
hold on
```

```
subplot(5,2,9)
```

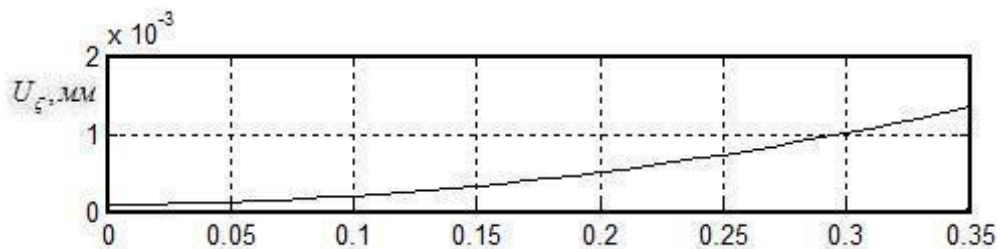
```
plot(t, varargout(:,9), 'k-')
```

```
grid on
```

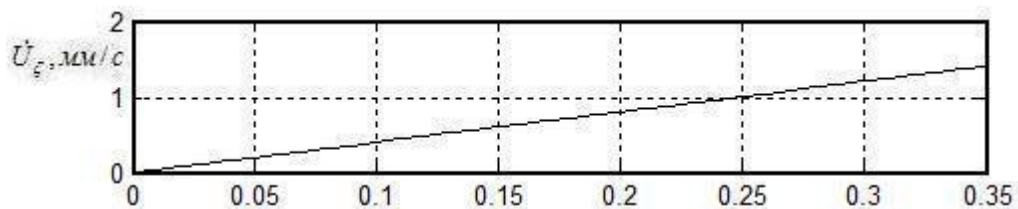
```
hold on
```

```
hold off
```

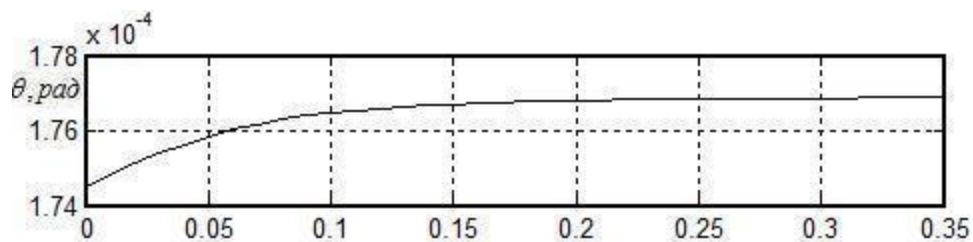
За виконанням вищенаведеного пакету прикладних програм побудовані графічні залежності (рис. 8).



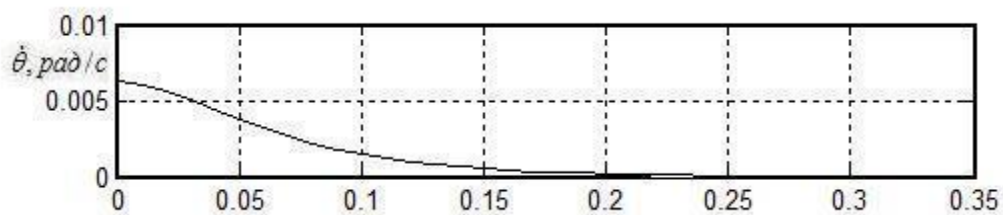
а



б



в



г

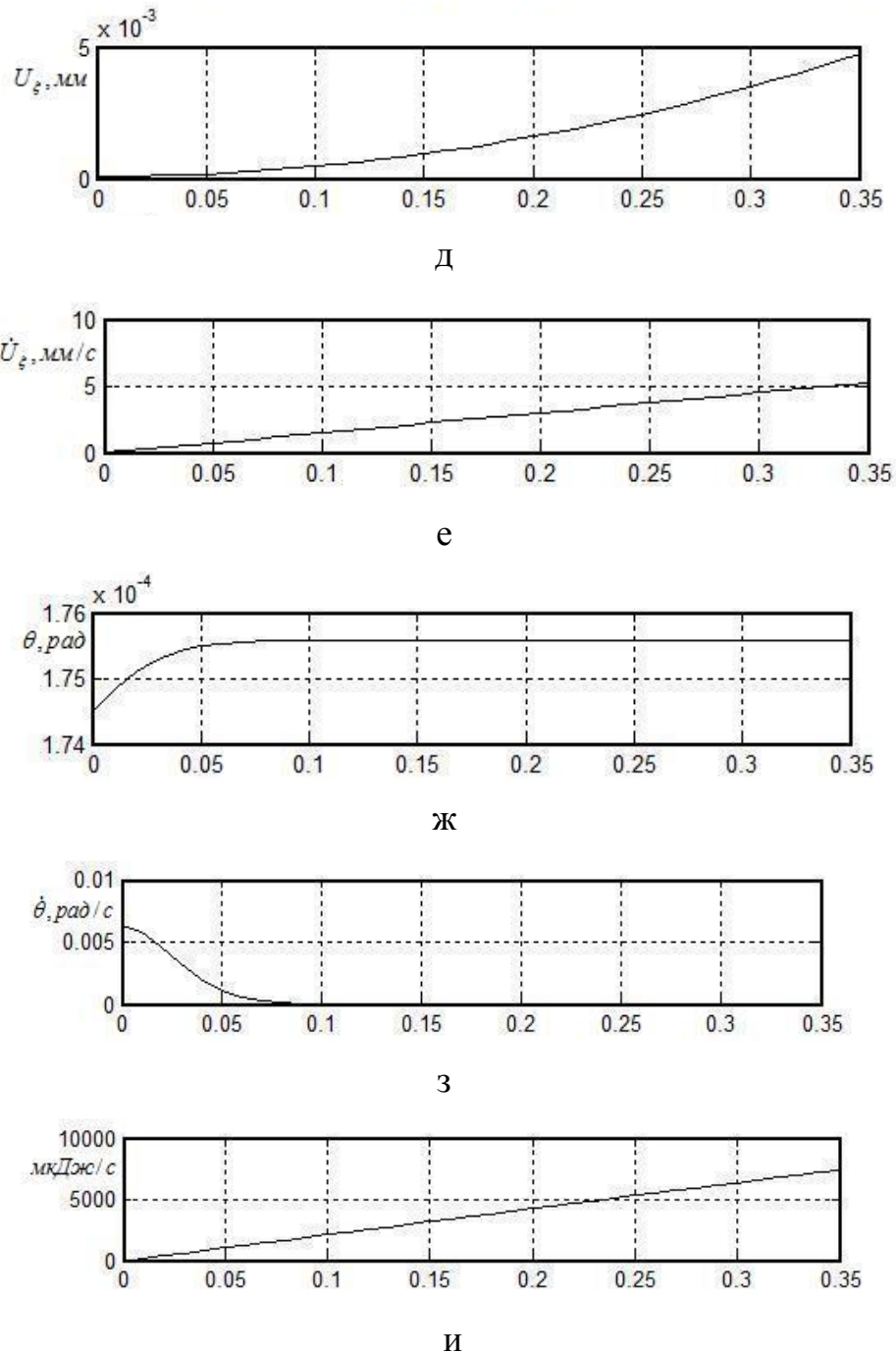


Рис. 8 Характер деформування зернівки.

Результати аналізу графічних залежностей свідчать, що деформація речовини зернівки при падінні з висоти 500 мм за дією земного тяжіння в напрямку осей $O_1\xi$ та $O_1\zeta$ з плином часу збільшується і за 0.32 с вона, відповідно, становить 0.001 мм та 0.004 мм (рис. 8 а, д), при цьому швидкість деформації складає $1.3 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$ та $4.8 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$ (рис. 8 б, е). Кутові параметри на величину деформації майже не впливають (рис. 8 в, г, ж, з). Потужність деформації за 0.32 с становить $6822.9 \text{ мкДж} \cdot \text{с}^{-1}$.

Додаток 2

Дослідження характеру пружно-в'язкої деформації та травмування зернівок при взаємодії з поверхнею робочого елемента

За методами системи MatLab 5.3/6.x, після реалізації першого пункту вищенаведеного алгоритму, пакет прикладних програм для дослідження характеру поведінки механічної системи приведемо в наступній конфігурації:

- код файл – функції "GRDEFdzetaksi":

```
function f = GRDEFdzetaksi(t,varargin)
```

```
g = 3130;
```

```
R = 4;
```

```
RR = 600;
```

```
m = 0.004;
```

```
alfa = 0.1.*6.28;
```

```
omegat = 272;
```

```
omegat = (pi/180).*omegat;
```

```
omega = 6.*6.28;
```

```
alfat = 45;
```

```
alfat = (pi/180).*alfat;
```

```
kpsi= 0;
```

```
kpsi = (pi/180).*kpsi;
```

```
Udz1 = varargin{1}(1);
```

```
Udzdt1 = varargin{1}(2);
```

```
teta1 = varargin{1}(3);
```

```
tetat1 = varargin{1}(4);
```

```
Udz2 = varargin{1}(5);
```

```
Udzdt2 = varargin{1}(6);
```

```
teta2 = varargin{1}(7);
```

```
tetat2 = varargin{1}(8);
```

```
Udz3 = varargin{1}(9);
```

```
Udzdt3 = varargin{1}(10);
```

```

teta3 = varargin{1}(11);
tetat3 = varargin{1}(12);
f = m.*[Udzdt1; (-4.*tetat1.*Udzdt1.*cot(teta1)-...
2.*tetat1.^2.*Udz1.*(cot(teta1).^2-1)-...4.*Udz1.^2...
cot(teta1).^2.*((-4.*tetat1.*Udzdt1.*cot(teta1)-tetat1.^2.*...
(2.*Udz1.*(cot(teta1).^2-1)+R.*cos(teta1))-omega.*RR.*...
((1+sin(alfat)).*(cos(omegat).*cos(kpsi)-sin(omegat).*...
sin(kpsi))))-omega.^2.*RR.*((1+sin(alfat)).*(sin(omegat).*...
cos(kpsi)+cos(omegat).*sin(kpsi)))+alfa.*RR.*cos(alfat).*...
(sin(omegat).*cos(kpsi)+cos(omegat).*sin(kpsi))-alfa.^2.*...
RR.*sin(alfat).*(sin(omegat).*cos(kpsi)+cos(omegat).*...
sin(kpsi))+2.*RR.*alfa.*omega.*cos(alfat).*(cos(omegat).*...
cos(kpsi)-sin(omegat).*sin(kpsi))+g.*sin(alfat).*(sin(omegat).*...
cos(kpsi)+cos(omegat).*sin(kpsi)))/(R.*sin(teta1)+(2.*Udz1.*...
cot(teta1)).^2))+omega.*RR.*((1+sin(alfat)).*(cos(omegat).*...
cos(kpsi)-sin(omegat).*sin(kpsi)))omega.^2.*RR.*...
((1+sin(alfat)).*(sin(omegat).*cos(kpsi)+cos(omegat).*...
sin(kpsi)))+alfa.*RR.*cos(alfat).*(sin(omegat).*cos(kpsi)+...
cos(omegat).*sin(kpsi))-alfa.^2.*RR.*sin(alfat).*...
(sin(omegat).*cos(kpsi)+cos(omegat).*sin(kpsi))+2.*RR.*alfa.*...
omega.*cos(alfat).*(cos(omegat).*cos(kpsi)-sin(omegat).*...
sin(kpsi))+g.*sin(alfat).*(sin(omegat).*cos(kpsi)+cos(omegat).*...
sin(kpsi))];
tetat1; 2.*Udz1.*cot(teta1).*(-4.*tetat1.*Udzdt1.*cot(teta1)-
tetat1.^2.*(2.*Udz1.*(cot(teta1).^2-1)+R.*cos(teta1))+omega.*...
RR.*((1+sin(alfat)).*(cos(omegat).*cos(kpsi)-sin(omegat).*...
sin(kpsi)))-omega.^2.*RR.*((1+sin(alfat)).*(sin(omegat).*...
cos(kpsi)+cos(omegat).*sin(kpsi)))+alfa.^2.*RR.*cos(alfat).*...
(sin(omegat).*cos(kpsi)+cos(omegat).*sin(kpsi))-alfa.^2.*RR.*...

```

$$\begin{aligned}
& \sin(\alpha) \cdot (\sin(\omega) \cdot \cos(\psi) + \cos(\omega) \cdot \sin(\psi)) + \dots \\
& 2 \cdot R \cdot \alpha \cdot \omega \cdot \cos(\alpha) \cdot (\cos(\omega) \cdot \cos(\psi) - \dots \\
& \sin(\omega) \cdot \sin(\psi)) + g \cdot \sin(\alpha) \cdot (\sin(\omega) \cdot \dots \\
& \cos(\psi) + \cos(\omega) \cdot \sin(\psi)) / (R \cdot \sin(\theta_1) + (2 \cdot U_{dz1} \cdot \dots \\
& \cot(\theta_1))^2); \\
& U_{dzd2}; -4 \cdot \theta_2 \cdot U_{dzd2} \cdot \cot(\theta_2) - 2 \cdot \theta_2^2 \cdot U_{dz2} \cdot \dots \\
& (\cot(\theta_2)^2 - 1) - 4 \cdot U_{dz2}^2 \cdot \cot(\theta_2)^2 \cdot ((-4 \cdot \theta_2 \cdot \dots \\
& U_{dzd2} \cdot \cot(\theta_2) - \theta_2^2 \cdot (2 \cdot U_{dz2} \cdot (\cot(\theta_2)^2 - 1) + R \cdot \dots \\
& \cos(\theta_2)) - \omega \cdot R \cdot ((1 + \sin(\alpha)) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \dots \\
& (\cos(\omega) \cdot \sin(\psi) + \sin(\omega) \cdot \cos(\psi))) + \omega^2 \cdot \dots \\
& R \cdot ((1 + \sin(\alpha)) \cdot \cos(\theta_2) \cdot (\sin(\omega) \cdot \sin(\psi) - \dots \\
& \cos(\omega) \cdot \cos(\psi))) + \alpha \cdot R \cdot (\cos(\alpha) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \dots \\
& (\cos(\omega) \cdot \cos(\psi) - \sin(\omega) \cdot \sin(\psi)) + \sin(\alpha) \cdot \dots \\
& \sin(\theta_2)) + \alpha^2 \cdot R \cdot (\sin(\alpha) \cdot \cos(\theta_2) \cdot (\sin(\omega) \cdot \dots \\
& \sin(\psi) - \cos(\omega) \cdot \cos(\psi)) + \cos(\alpha) \cdot \sin(\theta_2)) + \dots \\
& 2 \cdot R \cdot \alpha \cdot \omega \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\theta_2) \cdot (\cos(\omega) \cdot \dots \\
& \sin(\psi) + \sin(\omega) \cdot \cos(\psi)) + g \cdot (\sin(\alpha) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \dots \\
& (\sin(\omega) \cdot \sin(\psi) - \cos(\omega) \cdot \cos(\psi)) - \cos(\alpha) \cdot \dots \\
& \cos(\theta_2)) / (R \cdot \sin(\theta_2) + (2 \cdot U_{dz2} \cdot \cot(\theta_2))^2) - \dots \\
& \omega \cdot R \cdot ((1 + \sin(\alpha)) \cdot \cos(\theta_2) \cdot (\cos(\omega) \cdot \sin(\psi) + \dots \\
& \sin(\omega) \cdot \cos(\psi))) + \omega^2 \cdot R \cdot ((1 + \sin(\alpha)) \cdot \dots \\
& \cos(\theta_2) \cdot (\sin(\omega) \cdot \sin(\psi) - \cos(\omega) \cdot \cos(\psi))) + \dots \\
& \alpha \cdot R \cdot (\cos(\alpha) \cdot \cos(\theta_2) \cdot (\cos(\omega) \cdot \cos(\psi) - \dots \\
& \sin(\omega) \cdot \sin(\psi)) + \sin(\alpha) \cdot \sin(\theta_2)) + \alpha^2 \cdot R \cdot \dots \\
& (\sin(\alpha) \cdot \cos(\theta_2) \cdot (\sin(\omega) \cdot \sin(\psi) - \cos(\omega) \cdot \dots \\
& \cos(\psi)) + \cos(\alpha) \cdot \sin(\theta_2)) - 2 \cdot R \cdot \alpha \cdot \omega \cdot \dots \\
& \cos(\alpha) \cdot \cos(\theta_2) \cdot (\cos(\omega) \cdot \sin(\psi) + \sin(\omega) \cdot \dots \\
& \cos(\psi)) + g \cdot (\sin(\alpha) \cdot \cos(\theta_2) \cdot (\sin(\omega) \cdot \sin(\psi) - \dots \\
& \cos(\omega) \cdot \cos(\psi)) - \cos(\alpha) \cdot \sin(\theta_2)) \dots
\end{aligned}$$


```

hold on
subplot(3,4,9)
plot(t, varargout(:,9), 'k-')
grid on
hold on
subplot(3,4,10)
plot(t, varargout(:,10), 'k-')
grid on
hold on
subplot(3,4,11)
plot(t, varargout(:,11), 'k-')
grid on
hold on
subplot(3,4,12)
plot(t, varargout(:,12), 'k-')
grid on
hold on
hold off

```

За методами системи MatLab 5.3/6.x та системи рівнянь (12) пакет прикладних програм для дослідження характеру кінематичних параметрів польоту зерна при взаємодії із ротором очисної машини , який обертається навколо вертикальної осі приведемо в наступній конфігурації:

- код файл – функції "GRdzetaksi":

```

function f = GRdzetaksi(t,varargin)
g = 3130;RR = 600;m = 0.004;M = 500;teta = 1;teta = (pi/180).*teta;alfa =
0.1.*6.28;omegat = 272;omegat = (pi/180).*omegat;omega = 6.*6.28;alfat = 45;
alfat = (pi/180).*alfat;
kpsi= 0;
kpsi = (pi/180).*kpsi;
varargin{1}(1);
ksit = varargin{1}(2);

```

```

subplot(2,4,1)
plot(t, varargout(:,1), 'k-')
grid on
hold on
subplot(2,4,2)
plot(t, varargout(:,2), 'k-')
grid on
hold on
subplot(2,4,3)
plot(t, varargout(:,3), 'k-')
grid on
hold on
subplot(2,4,4)
plot(t, varargout(:,4), 'k-')
grid on
hold on
subplot(2,4,5)
plot(t, varargout(:,5), 'k-')
grid on
hold on
subplot(2,4,6)
plot(t, varargout(:,6), 'k-')
grid on
hold on
hold off

```

За виконанням файл – програми та файл – функції "GRdzetaksi" характер кінематичних параметрів зображено графічними залежностями (рис. 15, 16). Результати їх аналізу свідчать, що дальність польоту зерна за напрямками осей $O_1\xi$, $O_1\eta$ та $O_1\zeta$ протягом 0.4 с, відповідно, становить 1700, 1500 та 235 мм, при цьому величина швидкості польоту буде 8050, 7700 та 1150 $\text{мм} \cdot \text{с}^{-1}$.

Додаток 3

Формалізація деформації-травмування зернівок пневмосепаруючим пристосуванням

Дослідження характеру деформування речовини зерна, представленого рівняннями (25, ...,36) проведемо за способом чисельного їх розв'язку. За початковими параметрами деформування зерна, геометричними та масовими параметрами зерна $R = 4 \text{ мм}$, $m = 0.001 \text{ гр}$, програма файл – функції "ELIPS" представимо в такому вигляді:

- програма файл – функції:

```
function f = ELIPS(t,varargin)
```

```
g = 3130;
```

```
R = 4;
```

```
h = 7;
```

```
RR = 600;
```

```
m = 0.004;
```

```
alfat1 = 0.1.*6.28;
```

```
omegat1 = 272;
```

```
omegat1 = (pi/180).*omegat1;
```

```
omega1 = 6.*6.28;
```

```
alfa1 = 45;
```

```
alfa1 = (pi/180).*alfa1;
```

```
Udz1 = varargin{1}(1);
```

```
Udzdt1 = varargin{1}(2);
```

```
teta1 = varargin{1}(3);
```

```
tetat1 = varargin{1}(4);
```

```
f = m.*[Udzdt1; -((-2.*tetat1.^2.*Udz1.*(cot(teta1).*...
(-R.^2.*cos(teta1).*sin(teta1)+h.^2.*cos(teta1).*(cos(teta1).^2+..
sin(teta1).^3)).*(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*cos(teta1).^2).^3+...
sin(teta1).*(2.*R.^2.*(cos(teta1).^2-sin(teta1).^3)-3.*h.^2.*...
sin(teta1)-(3.*cos(teta1).^2-sin(teta1).^4).*(R.^2-h.^2)).*...
```

$$\begin{aligned}
& (R.^2.*\sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2).^3-\sin(teta1).*... \\
& (-R.^2.*\cos(teta1).*\sin(teta1)+h.^2.*\cos(teta1).*... \\
& (\cos(teta1).^2+\sin(teta1).^3)).*12.*(R.^2.*\sin(teta1).^2+... \\
& h.^2.*\cos(teta1).^2).*(R.^2.*\cos(teta1)-h.^2.*\sin(teta1)))./... \\
& (R.^2.*\sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2).^6-2.*tetat1.*... \\
& Udzdt1.*(cot(teta1).*(-R.^2.*\cos(teta1).*\sin(teta1)+... \\
& h.^2.*\cos(teta1).*(\cos(teta1).^2+\sin(teta1).^3)).*(R.^2.*... \\
& \sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2).^3)/(R.^2.*\sin(teta1).^2+... \\
& h.^2.*\cos(teta1).^2).^6+\sin(teta1).*(\cos(teta1).*(R.^2.*... \\
& \sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2)-\sin(teta1).^3.*\cos(teta1).*... \\
& (R.^2-h.^2))./(R.^2.*\sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2).^3)+... \\
& \omega_1.*RR.*(1+\sin(\alpha_1)).*\cos(\omega_1)-\omega_1.^2.*RR.*(1-... \\
& \sin(\alpha_1)).*\sin(\omega_1)+2.*\omega_1.*\alpha_1.*RR.*\cos(\alpha_1).*... \\
& \cos(\omega_1)+\alpha_1.*RR.*\cos(\alpha_1).*\sin(\omega_1)-\alpha_1.^2.*... \\
& RR.*\sin(\alpha_1).*\cos(\omega_1)+g.*\sin(\alpha_1).*\sin(\omega_1))./... \\
& (2.*Udz1.*\sin(teta1).*(-R.^2.*\cos(teta1).*\sin(teta1)+h.^2.*... \\
& \cos(teta1).*(\cos(teta1).^2+\sin(teta1).^3).*((R.^2.*... \\
& \sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2).^3)/(R.^2.*\sin(teta1).^2+... \\
& h.^2.*\cos(teta1).^2).^6).*(1+((\sin(teta1).*\sqrt{R.^2.*... \\
& \sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2)+\cos(teta1).*(R.^2.*... \\
& \sin(teta1).*\cos(teta1)-h.^2.*\cos(teta1).*\sin(teta1)))./... \\
& (R.^2.*\sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2)+tetat1.^2.*... \\
& ((-\cos(teta1).*\sqrt{R.^2.*\sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2})-... \\
& \cos(teta1).*(R.^2-h.^2).*(\cos(teta1).^2-\sin(teta1).^2)).*... \\
& (R.^2.*\cos(teta1)-h.^2.*\sin(teta1))+2.*(\sin(teta1).*... \\
& \sqrt{R.^2.*\sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2}-\cos(teta1).*... \\
& (R.^2-h.^2).*\sin(teta1).*\cos(teta1)).*(R.^2.*\cos(teta1)-... \\
& h.^2.*\sin(teta1)))./(R.^2.*\sin(teta1).^2+h.^2.*... \\
& \cos(teta1).^2).^2).*\sin(teta1)./(R.^2.*\sin(teta1).^2+h.^2.*...
\end{aligned}$$

```

sin(teta1).^2+h.^2.*cos(teta1).^2)-cos(teta1).*(R.^2-...
h.^2).*sin(teta1).*cos(teta1)).*(R.^2.*cos(teta1)-h.^2.*...
sin(teta1)))./(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*cos(teta1).^2).^2).*...
sin(teta1)./(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*cos(teta1).^2)./...
(2.*Udz1.*sin(teta1).*(-R.^2.*cos(teta1).*sin(teta1)+h.^2.*...
cos(teta1).*(cos(teta1).^2+sin(teta1).^3).*(R.^2.^sin(teta1).^2+..
h.^2.*cos(teta1).^2).^3)./(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*...
cos(teta1).^2).^6))];

```

а файл виконавчого модуля у такому вигляді:

```

set(0,'RecursionLimit',500000)
tspan = 0:0.001:0.08;
options = odeset('RelTol',1.0e-2);
[t,varargout] = ode45(@ELIPS,tspan,[0.1,0,(pi/180).*30,0.7.*6.28],options);
subplot(2,2,1)
plot(t, varargout(:,1), 'k-')
grid on
hold on
subplot(2,2,2)
plot(t, varargout(:,3), 'k-')
grid on
hold on
subplot(2,2,3)
plot(t, varargout(:,3), 'k-')
grid on
hold on
subplot(2,2,4)
plot(t, varargout(:,4), 'k-')
grid on
hold on

```

hold off

файл виконавчого модуля:

```
function f = ELIPSeta(t,varargin)
```

```
g = 3130;
```

```
R = 4;
```

```
h = 7;
```

```
RR = 600;
```

```
m = 0.004;
```

```
alfat1 = 0.1.*6.28;
```

```
omegat1 = 272;
```

```
omegat1 = (pi/180).*omegat1;
```

```
omega1 = 6.*6.28;
```

```
alfa1 = 45;
```

```
alfa1 = (pi/180).*alfa1;
```

```
Udz1 = varargin{1}(1);
```

```
Udzdt1 = varargin{1}(2);
```

```
teta1 = varargin{1}(3);
```

```
tetat1 = varargin{1}(4);
```

файл – функції:

```
f = m.*[Udzdt1; -((-2.*tetat1.^2.*Udz1.*(cot(teta1).*(-R.^2.*...
cos(teta1).*sin(teta1)+h.^2.*cos(teta1).*(cos(teta1).^2+...
sin(teta1).^3)).*(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*cos(teta1).^2).^3+...
sin(teta1).*(2.*R.^2.*(cos(teta1).^2-sin(teta1).^3)-3.*h.^2.*...
sin(teta1)-(3.*cos(teta1).^2-sin(teta1).^4).*(R.^2-h.^2)).*...
(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*cos(teta1).^2).^3-sin(teta1).*...
(-R.^2.*cos(teta1).*sin(teta1)+h.^2.*cos(teta1).*...
(cos(teta1).^2+sin(teta1).^3)).*12.*(R.^2.*sin(teta1).^2+...
h.^2.*cos(teta1).^2).*(R.^2.*cos(teta1)-h.^2.*sin(teta1)))/...
(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*cos(teta1).^2).^6-2.*tetat1.*...
```

$$\begin{aligned}
& \text{Udzdt1} * (\cot(\text{teta1}) * (-R.^2 * \cos(\text{teta1}) * \sin(\text{teta1}) + h.^2 * \dots \\
& \cos(\text{teta1}) * (\cos(\text{teta1}).^2 + \sin(\text{teta1}).^3)) * (R.^2 * \dots \\
& \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2).^3 / (R.^2 * \sin(\text{teta1}).^2 + \dots \\
& h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2).^6 + \sin(\text{teta1}) * (\cos(\text{teta1}) * (R.^2 * \dots \\
& \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2) - \sin(\text{teta1}).^3 * \cos(\text{teta1}) * \dots \\
& (R.^2 - h.^2)) / (R.^2 * \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2).^3) - \dots \\
& \omega_1 * R R * (1 + \sin(\alpha_1)) * \sin(\omega_1) - \omega_1.^2 * R R * (1 - \dots \\
& \sin(\alpha_1)) * \cos(\omega_1) + 2 * \omega_1 * \alpha_1 * R R * \cos(\alpha_1) * \dots \\
& \sin(\omega_1) + \alpha_1 * R R * \cos(\alpha_1) * \cos(\omega_1) - \alpha_1.^2 * \dots \\
& R R * \sin(\alpha_1) * \cos(\omega_1) + g * \sin(\alpha_1) * \cos(\omega_1)) / \dots \\
& (2 * \text{Udz1} * \sin(\text{teta1}) * (-R.^2 * \cos(\text{teta1}) * \sin(\text{teta1}) + h.^2 * \dots \\
& \cos(\text{teta1}) * (\cos(\text{teta1}).^2 + \sin(\text{teta1}).^3) * ((R.^2 * \dots \\
& \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2).^3) / (R.^2 * \sin(\text{teta1}).^2 + \dots \\
& h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2).^6) * (1 + ((\sin(\text{teta1}) * \sqrt{R.^2 * \dots \\
& \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2) + \cos(\text{teta1}) * (R.^2 * \dots \\
& \sin(\text{teta1}) * \cos(\text{teta1}) - h.^2 * \cos(\text{teta1}) * \sin(\text{teta1}))) / \dots \\
& (R.^2 * \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2) + \text{tetat1}.^2 * \dots \\
& ((-\cos(\text{teta1}) * \sqrt{R.^2 * \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2) - \dots \\
& \cos(\text{teta1}) * (R.^2 - h.^2) * (\cos(\text{teta1}).^2 - \sin(\text{teta1}).^2)) * \dots \\
& (R.^2 * \cos(\text{teta1}) - h.^2 * \sin(\text{teta1})) + 2 * (\sin(\text{teta1}) * \dots \\
& \sqrt{R.^2 * \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2} - \cos(\text{teta1}) * \dots \\
& (R.^2 - h.^2) * \sin(\text{teta1}) * \cos(\text{teta1})) * (R.^2 * \cos(\text{teta1}) - h.^2 * \dots \\
& \sin(\text{teta1}))) / (R.^2 * \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2).^2) * \dots \\
& \sin(\text{teta1}) / (R.^2 * \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2) / \dots \\
& (2 * \text{Udz1} * \sin(\text{teta1}) * (-R.^2 * \cos(\text{teta1}) * \sin(\text{teta1}) + h.^2 * \dots \\
& \cos(\text{teta1}) * (\cos(\text{teta1}).^2 + \sin(\text{teta1}).^3) * (R.^2 * \sin(\text{teta1}).^2 + \dots \\
& h.^2 * \cos(\text{teta1}).^2).^3) / (R.^2 * \sin(\text{teta1}).^2 + h.^2 * \dots \\
& \cos(\text{teta1}).^2).^6))) * (2 * \text{Udz1} * \sin(\text{teta1}) * (-R.^2 * \dots \\
& \cos(\text{teta1}) * \sin(\text{teta1}) + h.^2 * \cos(\text{teta1}) * (\cos(\text{teta1}).^2 + \dots
\end{aligned}$$

$(R.^2.*\sin(teta1).^2+h.^2.*\cos(teta1).^2).^6));$

файл виконавчого модуля:

```
function f = ELdzeta(t,varargin)
```

```
g = 3130;
```

```
R = 4;
```

```
h = 7;
```

```
RR = 600;
```

```
m = 0.004;
```

```
alfat1 = 0.1.*6.28;
```

```
alfa1 = 45;
```

```
alfa1 = (pi/180).*alfa1;
```

```
Udz1 = varargin{1}(1);
```

```
Udzdt1 = varargin{1}(2);
```

```
teta1 = varargin{1}(3);
```

```
tetat1 = varargin{1}(4);
```

файл – функції:

```
f =m.*[Udzdt1; (-(-2.*tetat1.^2.*Udz1.*(cot(teta1).*(-R.^2.*...
cos(teta1).*sin(teta1)+h.^2.*cos(teta1).*(cos(teta1).^2+...
sin(teta1).^3)).*(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*cos(teta1).^2).^3+...
sin(teta1).*(2.*R.^2.*(cos(teta1).^2-sin(teta1).^3)-3.*h.^2.*...
sin(teta1)-(3.*cos(teta1).^2-sin(teta1).^4).*(R.^2-h.^2)).*...
(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*cos(teta1).^2).^3-sin(teta1).*...
(-R.^2.*cos(teta1).*sin(teta1)+h.^2.*cos(teta1).*...
(cos(teta1).^2+sin(teta1).^3)).*12.*(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*...
cos(teta1).^2).*(R.^2.*cos(teta1)-h.^2.*sin(teta1)))/(R.^2.*...
sin(teta1).^2+h.^2.*cos(teta1).^2).^6-2.*tetat1.*Udzdt1.*...
(cot(teta1).*(-R.^2.*cos(teta1).*sin(teta1)+h.^2.*cos(teta1).*...
(cos(teta1).^2+sin(teta1).^3)).*(R.^2.*sin(teta1).^2+...
h.^2.*cos(teta1).^2).^3)/(R.^2.*sin(teta1).^2+h.^2.*...
```



```

plot(t, varargout(:,3), 'k-')
grid on
hold on
subplot(2,3,3)
plot(t, varargout(:,3), 'k-')
grid on
hold on
subplot(2,3,4)
plot(t, varargout(:,4), 'k-')
grid on
hold on
hold off

```

Отже, наявність поступальних, тангенціальних та коріолісових компонент прискорення речовини зерна у системі рівнянь (27) свідчить, що за зовнішньою дією ротора очисної машини та земного тяжіння пружно – в'язка деформація зерна здійснюється не тільки за напрямками їх дії, але й одночасно у площинах, що зумовлює завихрення речовини зерна.

файл виконавчого модуля:

```

function f = DZETAELIPS(t,varargin)
g = 3130; RR = 600; alfa1 = 0.1.*6.28; omegat1 = 272;omegat1 = (pi/180).*omegat1;
omega1 = 6.*6.28; alfat1 = 45; alfat1 = (pi/180).*alfat1;
varargin{1}(1);
ksit = varargin{1}(2);
varargin{1}(3);
etat = varargin{1}(4);
varargin{1}(5);
dzetat = varargin{1}(6);
файл – функції:
f = [ksit; omega1.*RR.*(1+sin(alfa1)).*cos(omegat1)+...

```

Додаток 4

При виконанні моделювання процесу протруювання складові сил співударяння F_x , F_y , F_z будуть функціями від часу t : $F_x(t)$, $F_y(t)$, $F_z(t)$. Для зручності система (2) вирішена в полярних координатах з використанням пакету MAPLE 7:

$$\begin{aligned} \Delta w &:= \frac{w(r+2h1, \phi, t) - 2w(r+h1, \phi, t) + w(r, \phi, t)}{h1^2} + \frac{w(r+h1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{r \cdot h1} \\ &\quad + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{w(r, \phi+2h2, t) - 2w(r, \phi+h2, t) + w(r, \phi, t)}{h2^2}; \\ \Delta w &:= \frac{w(r+2h1, \phi, t) - 2w(r+h1, \phi, t) + w(r, \phi, t)}{h1^2} + \frac{w(r+h1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{r \cdot h1} \\ &\quad + \frac{w(r, \phi+2h2, t) - 2w(r, \phi+h2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h2^2} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} > \Delta w(r, \phi, t) &:= \frac{w(r+2h1, \phi, t) - 2w(r+h1, \phi, t) + w(r, \phi, t)}{h1^2} + \frac{w(r+h1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{r \cdot h1} \\ &\quad + \frac{w(r, \phi+2h2, t) - 2w(r, \phi+h2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h2^2} \\ \Delta w &:= (r, \phi, t) \rightarrow \frac{w(r+2h1, \phi, t) - 2w(r+h1, \phi, t) + w(r, \phi, t)}{h1^2} + \frac{w(r+h1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{r \cdot h1} \\ &\quad + \frac{w(r, \phi+2h2, t) - 2w(r, \phi+h2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h2^2} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} > \Delta wrr &:= \frac{\Delta w(r+2h1, \phi, t) - 2\Delta w(r+h1, \phi, t) + \Delta w(r, \phi, t)}{1}; \\ \Delta wrr &:= \frac{1}{h1^2} \left(\frac{w(r+4h1, \phi, t) - 2w(r+3h1, \phi, t) + w(r+2h1, \phi, t)}{h1^2} \right. \\ &\quad + \frac{w(r+3h1, \phi, t) - w(r+2h1, \phi, t)}{(r+2h1)h1} \\ &\quad + \frac{w(r+2h1, \phi+2h2, t) - 2w(r+2h1, \phi+h2, t) + w(r+2h1, \phi, t)}{(r+2h1)^2 h2^2} \\ &\quad - \frac{2(w(r+3h1, \phi, t) - 2w(r+2h1, \phi, t) + w(r+h1, \phi, t))}{h1^2} \\ &\quad - \frac{2w(r+2h1, \phi, t) - w(r+h1, \phi, t)}{(r+h1)^2 h2^2} \\ &\quad - \frac{2w(r+h1, \phi+2h2, t) - 2w(r+h1, \phi+h2, t) + w(r+h1, \phi, t)}{(r+2h1)^2 h2^2} \\ &\quad + \frac{w(r+2h1, \phi, t) - 2w(r+h1, \phi, t) + w(r, \phi, t)}{h1^2} + \frac{w(r+h1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{r h1} \\ &\quad \left. + \frac{w(r, \phi+2h2, t) - 2w(r, \phi+h2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h2^2} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
> \Delta w_{rr}(r, \phi, t) := & \frac{1}{h_1^2} \left(\frac{w(r+4h_1, \phi, t) - 2w(r+3h_1, \phi, t) + w(r+2h_1, \phi, t)}{h_1^2} \right. \\
& + \frac{w(r+3h_1, \phi, t) - w(r+2h_1, \phi, t)}{(r+2h_1)h_1} \\
& + \frac{w(r+2h_1, \phi+2h_2, t) - 2w(r+2h_1, \phi+h_2, t) + w(r+2h_1, \phi, t)}{(r+2h_1)^2 h_2^2} \\
& - \frac{2(w(r+3h_1, \phi, t) - 2w(r+2h_1, \phi, t) + w(r+h_1, \phi, t))}{h_1^2} \\
& - \frac{2(w(r+2h_1, \phi, t) - w(r+h_1, \phi, t))}{(r+2h_1)h_1} \\
& - \frac{2w(r+h_1, \phi+2h_2, t) - 2w(r+h_1, \phi+h_2, t) + w(r+h_1, \phi, t)}{(r+h_1)^2 h_2^2} \\
& + \frac{w(r+2h_1, \phi, t) - 2w(r+h_1, \phi, t) + w(r, \phi, t)}{h_1^2} + \frac{w(r+h_1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{rh_1} \\
& \left. + \frac{w(r, \phi+2h_2, t) - 2w(r, \phi+h_2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h_2^2} \right); \\
\Delta w_{rr} := (r, \phi, t) \rightarrow & \frac{1}{h_1^2} \left(\frac{w(r+4h_1, \phi, t) - 2w(r+3h_1, \phi, t) + w(r+2h_1, \phi, t)}{h_1^2} \right. \\
& + \frac{w(r+3h_1, \phi, t) - w(r+2h_1, \phi, t)}{(r+2h_1)h_1} \\
& + \frac{w(r+2h_1, \phi+2h_2, t) - 2w(r+2h_1, \phi+h_2, t) + w(r+2h_1, \phi, t)}{(r+2h_1)^2 h_2^2} \\
& - \frac{2w(r+3h_1, \phi, t) - 4w(r+2h_1, \phi, t) + 2w(r+h_1, \phi, t)}{h_1^2} \\
& - \frac{2w(r+2h_1, \phi, t) - 2w(r+h_1, \phi, t)}{(r+2h_1)h_1} \\
& - \frac{2w(r+h_1, \phi+2h_2, t) - 4w(r+h_1, \phi+h_2, t) + 2w(r+h_1, \phi, t)}{(r+h_1)^2 h_2^2} \\
& + \frac{w(r+2h_1, \phi, t) - 2w(r+h_1, \phi, t) + w(r, \phi, t)}{h_1^2} + \frac{w(r+h_1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{rh_1} \\
& \left. + \frac{w(r, \phi+2h_2, t) - 2w(r, \phi+h_2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h_2^2} \right) \\
> \Delta w_r := & \frac{\Delta w(r+h_1, \phi, t) - \Delta w(r, \phi, t)}{h_1^2}; \\
\Delta w_r := & \frac{1}{h_1^2} \left(\frac{w(r+3h_1, \phi, t) - 2w(r+2h_1, \phi, t) + w(r+h_1, \phi, t)}{h_1^2} \right. \\
& + \frac{w(r+2h_1, \phi, t) - w(r+h_1, \phi, t)}{(r+h_1)h_1} \\
& + \frac{w(r+h_1, \phi+2h_2, t) - 2w(r+h_1, \phi+h_2, t) + w(r+h_1, \phi, t)}{(r+h_1)^2 h_2^2} \\
& - \frac{w(r+2h_1, \phi, t) - 2w(r+h_1, \phi, t) + w(r+h_1, \phi, t)}{h_1^2} - \frac{w(r+h_1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{rh_1} \\
& \left. - \frac{w(r, \phi+2h_2, t) - 2w(r, \phi+h_2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h_2^2} \right)
\end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
\Delta w_r := & \frac{1}{h_1^2} \left(\frac{w(r+3h_1, \phi, t) - 2w(r+2h_1, \phi, t) + w(r+h_1, \phi, t)}{h_1^2} \right. \\
& + \frac{w(r+2h_1, \phi, t) - w(r+h_1, \phi, t)}{(r+h_1)h_1} \\
& + \frac{w(r+h_1, \phi+2h_2, t) - 2w(r+h_1, \phi+h_2, t) + w(r+h_1, \phi, t)}{(r+h_1)^2 h_2^2} \\
& - \frac{w(r+2h_1, \phi, t) - 2w(r+h_1, \phi, t) + w(r+h_1, \phi, t)}{h_1^2} - \frac{w(r+h_1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{rh_1} \\
& \left. - \frac{w(r, \phi+2h_2, t) - 2w(r, \phi+h_2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h_2^2} \right)
\end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
> \Delta wr(r, \phi, t) := & \frac{1}{h1^2} \left(\frac{w(r+3h1, \phi, t) - 2w(r+2h1, \phi, t) + w(r+h1, \phi, t)}{h1^2} \right. \\
& + \frac{w(r+2h1, \phi, t) - w(r+h1, \phi, t)}{(r+h1)h1} \\
& + \frac{w(r+h1, \phi+2h2, t) - 2w(r+h1, \phi+h2, t) + w(r+h1, \phi, t)}{(r+h1)^2 h2^2} \\
& - \frac{w(r+2h1, \phi, t) - 2w(r+h1, \phi, t) + w(r, \phi, t)}{h1^2} \\
& - \frac{w(r+h1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{rh1} \\
& \left. - \frac{w(r, \phi+2h2, t) - 2w(r, \phi+h2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h2^2} \right)
\end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
\Delta wr := (r, \phi, t) \frac{1}{h1^2} \rightarrow & \left(\frac{w(r+3h1, \phi, t) - 2w(r+2h1, \phi, t) + w(r+h1, \phi, t)}{h1^2} \right. \\
& + \frac{w(r+2h1, \phi, t) - w(r+h1, \phi, t)}{(r+h1)h1} \\
& + \frac{w(r+h1, \phi+2h2, t) - 2w(r+h1, \phi+h2, t) + w(r+h1, \phi, t)}{(r+h1)^2 h2^2} \\
& - \frac{w(r+2h1, \phi, t) - 2w(r+h1, \phi, t) + w(r, \phi, t)}{h1^2} \\
& - \frac{w(r+h1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{rh1} \\
& \left. - \frac{w(r, \phi+2h2, t) - 2w(r, \phi+h2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h2^2} \right)
\end{aligned}$$

$$> \Delta w\phi\phi := \frac{\Delta w(r, \phi+2h2, t) - 2\Delta w(r, \phi+h2, t) + \Delta w(r, \phi, t)}{h2^2};$$

$$\begin{aligned}
\Delta w\phi\phi := & \frac{1}{h2^2} \left(\frac{w(r+2h1, \phi+2h2, t) - 2w(r+h1, \phi+2h2, t) + w(r, \phi+2h2, t)}{h1^2} \right. \\
& + \frac{w(r+h1, \phi+2h2, t) - w(r, \phi+2h2, t)}{rh1} \\
& + \frac{w(r, \phi+4h2, t) - 2w(r, \phi+3h2, t) + w(r, \phi+2h2, t)}{(r+h1)^2 h2^2} \\
& - \frac{2(w(r+2h1, \phi+h2, t) - 2w(r+h1, \phi+h2, t) + w(r, \phi+h2, t))}{h1^2} \\
& - \frac{2(w(r+h1, \phi+h2, t) - w(r, \phi+h2, t))}{rh1} \\
& - \frac{2(w(r, \phi+3h2, t) - 2w(r, \phi+2h2, t) + w(r, \phi, t))}{r^2 h2^2} \Big) \\
& + \frac{w(r+2h1, \phi, t) - 2w(r+h1, \phi, t) + w(r+h1, \phi, t)}{h1^2} \\
& + \frac{w(r+h1, \phi, t) - w(r, \phi, t)}{rh1} \\
& + \frac{w(r, \phi+2h2, t) - 2w(r, \phi+h2, t) + w(r, \phi, t)}{r^2 h2^2} \Big)
\end{aligned} \tag{7}$$

Чергування формул у пакеті MATLAB виконано автоматично з метою їх маркування.

Додаток 5

**Програма «Розподільча пластина» визначає траєкторію
руху зернівки по розподільчій пластині**

```

> restart:
g:=9810:
h:=.0001:
f:=.3:
k:=.0005:
al:=150*3.141/180:
be:=35*3.141/180:
x[0]:=60:
y[0]:=10:
v:=300:
x[1]:=x[0]+h*v*cos(al):
y[1]:=y[0]+h*v*sin(al):
for i from 0 to 100000 do
x[i+2]:=2*x[i+1]-x[i]-k*(x[i+1]-x[i])*sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2)
-h^2*f*cos(be)*cos(al)*(x[i+1]-x[i])/sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2):
y[i+2]:=2*y[i+1]-y[i]-k*(y[i+1]-y[i])*sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2)
-h^2*f*cos(be)*sin(al)*(y[i+1]-y[i])/sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-
y[i])^2)+g*sin(be)*h^2:

if y[i+2]>=175 then print(`координаты схода частицы с пластины`,
`,x[i+1],y[i+1]):IK:=i+2:break fi: od:

with(plots):
with(plottools):
L1:=line([0,175],[75,175]):
L2:=line([75,0],[75,175]):

x1:=[seq(x[i],i=0..IK)]:
y1:=[seq(y[i],i=0..IK)]:pp:=(x1,y1)->[x1,y1]:aa:=zip(pp,x1,y1,2):
GR:=plot(aa,x=0..75,labels=[`ширина, см`,`длина,см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,14],
style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black):
display(L1,L2,GR);

```

Додаток 6

**Програма "Межа" визначає траєкторію руху зернівки після
досягнення бокової межі пластини – розподільника**

```

> restart:
      g:=9810:                                x[0]:=50:
      h:=.0001:                               y[0]:=10:
      f:=.3:                                  v:=600:
      k:=.0005:                               x[1]:=x[0]+h*v*cos(al):
      al:=30*3.141/180:                       y[1]:=y[0]+h*v*sin(al):
      be:=15*3.141/180:
for i from 0 to 100000                        do

x[i+2]:=2*x[i+1]-x[i]-k*(x[i+1]-x[i])*sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2)-
h^2*f*cos(be)*cos(al)*(x[i+1]-x[i])/sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2):
y[i+2]:=2*y[i+1]-y[i]-k*(y[i+1]-y[i])*sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2)-
h^2*f*cos(be)*sin(al)*(y[i+1]-y[i])/sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-
y[i])^2)+g*sin(be)*h^2:

sh_x:=abs(x[i+2]-x[i+1]):
sh_y:=abs(y[i+2]-y[i+1]):
if x[i+2]<=0 then
x[i+1]:= x[i+2]:x[i+2]:=x[i+1]+sh_x:y[i+1]:= y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+sh_y fi:
if x[i+2]>=75 then x[i+1]:=x[i+2]:x[i+2]:=x[i+1]-sh_x:y[i+1]:=
y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]-sh_y fi:
if y[i+2]>=175 then print(i+2,x[i+2],y[i+2]):IK:=i+2:break fi:      od:
with(plots):
with(plottools):
L1:=line([0,175],[75,175]):
L2:=line([75,0],[75,175]):

x1:=seq(x[i],i=0..IK):
y1:=seq(y[i],i=0..IK):pp:=(x1,y1)->[x1,y1]:aa:=zip(pp,x1,y1,2):
GR:=plot(aa,x=0..75,labels=['ширина,
см','длина,см'],labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMA
N,14],
style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black):
display(L1,L2,GR);

```

Додаток 7

**Програма «Перепона» визначає траєкторію руху зернівки із
поверхнею штиря**

```

> sch:=0:
g:=9810:
h:=.0001:
f:=.3:
k:=.0005:
al:=100*3.141/180:
be:=15*3.141/180:
x[0]:=40:
y[0]:=38:
v:=300:
x[1]:=x[0]+h*v*cos(al):
y[1]:=y[0]+h*v*sin(al):
xc:=30:
yc:=100:
with(plots):
with(plottools):
L1:=line([0,175],[75,175]):
L2:=line([75,0],[75,175]):
KR_v:= plot(yc+sqrt(9-(xkr-xc)^2),xkr=0..75,labels=[`ширина,
см`,`длина,см`],labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMA
N,14],
style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black):
KR_n:= plot(yc-sqrt(9-(xkr-
xc)^2),xkr=0..75,style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black):
with(RandomTools):

for i from 0 to 100000                                do

x[i+2]:=2*x[i+1]-x[i]-k*(x[i+1]-x[i])*sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2)-
h^2*f*cos(be)*cos(al)*(x[i+1]-x[i])/sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2):
y[i+2]:=2*y[i+1]-y[i]-k*(y[i+1]-y[i])*sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2)-
h^2*f*cos(be)*sin(al)*(y[i+1]-y[i])/sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-
y[i])^2)+g*sin(be)*h^2:

if sch=0 then

```

```

if(x[i+2]-xc)^2+(y[i+2]-yc)^2<=16 then ug_kas:=180/3.141*(3.141/2-
arctan(abs((y[i+2]-yc)/(x[i+2]-xc)))):
ug_kas1:=floor(ug_kas):
AddFlavor(shh=rand(0..ug_kas1)):
ugol:=Generate(shh):
print(ugol):
ugol:=ugol*3.141/180:
ss:=sqrt((x[i+2]-x[i+1])^2+(y[i+2]-y[i+1])^2):
x[i+1]:= x[i+2]:
if x[i+1]<xc then x[i+2]:=x[i+1]-ss*cos(ugol) else x[i+2]:=x[i+1]+ss*cos(ugol) fi:
y[i+1]:= y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+ss*sin(ugol):sch:=1 fi
fi:

sh_x:=abs(x[i+2]-x[i+1]):
sh_y:=abs(y[i+2]-y[i+1]):
if x[i+2]<=0 then
    x[i+1]:= x[i+2]:x[i+2]:=x[i+1]+sh_x:y[i+1]:= y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+sh_y fi:
if x[i+2]>=75 then x[i+1]:=x[i+2]:x[i+2]:=x[i+1]-sh_x:y[i+1]:=
y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+sh_y fi:
if y[i+2]>=175 then print(i+2,x[i+2],y[i+2]):IK:=i+2:break fi:           od:

x1:=[seq(x[i],i=0..IK)]:
y1:=[seq(y[i],i=0..IK)]:pp:=(x1,y1)->[x1,y1]:aa:=zip(pp,x1,y1,2):
GR:=plot(aa,x=0..75,labels=['ширина,
см`,`длина,см`'],labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMA
N,14],
style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black):
display(L1,L2,KR_v,KR_n,GR);

```


Додаток 8

Програма «Штирі» визначає траєкторію руху зернівок

```

> g:=9810:                                x[1]:=x[0]+h*v*cos(al):
h:=.001:                                y[1]:=y[0]+h*v*sin(al):
f:=.3:                                with(RandomTools):
al:=80*3.141/180:                        with(plots):
be:=30*3.141/180:                        with(plottools):
x[0]:=20:                                L1:=line([0,175],[75,175]):
y[0]:=1:                                L2:=line([75,0],[75,175]):
v:=300:                                a:=15:b:=40:

for ii from 1 to 4 do for j from 1 to 4 do xkr:='xkr':K4[ii,j]:= plot(j*b-10-sqrt(3-(xkr-
ii*a)^2),xkr=0..75,labels=[`ширина,
см`,`длина,см`],labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMA
N,14],
style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black)
od od:
for ii from 1 to 5 do for j from 1 to 4 do xkr:='xkr':K5[ii,j]:= plot(10+j*b-sqrt(3-
(xkr+7.5-ii*a)^2),xkr=0..75,
style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black)
od od:

for ii from 1 to 4 do for j from 1 to 4 do xkr:='xkr':K4_z[ii,j]:= plot(j*b-10+sqrt(3-
(xkr-ii*a)^2),xkr=0..75,
style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black)
od od:
for ii from 1 to 5 do for j from 1 to 4 do xkr:='xkr':K5_z[ii,j]:= plot(10+j*b+sqrt(3-
(xkr+7.5-ii*a)^2),xkr=0..75,
style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black)
od od:

for i from 0 to 100000                                do

x[i+2]:=2*x[i+1]-x[i]-h^2*f*cos(be)*cos(al)*(x[i+1]-x[i])/sqrt((x[i+1]-
x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2):
y[i+2]:=2*y[i+1]-y[i]-h^2*f*cos(be)*sin(al)*(y[i+1]-y[i])/sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-
y[i])^2)+g*sin(be)*h^2:

for h1 from 1 to 4 do for h2 from 1 to 4
do sch:=0:
if sch=0 then
if(y[i+2]-h1*b+10)^2+(x[i+2]-h2*a)^2<=4 then
ug_kas:=180/3.141*(3.141/2-arctan(abs((b*h1-10-y[i+2])/(a*h2-x[i+2])))):
ug_kas1:=floor(ug_kas):
AddFlavor(shh=rand(0..ug_kas1)):
ugol:=Generate(shh):

```

```

ugol:=ugol*3.141/180:
ss:=sqrt((x[i+2]-x[i+1])^2+(y[i+2]-y[i+1])^2):
x[i+1]:= x[i+2]:
if x[i+1]<h2*a then x[i+2]:=x[i+1]-ss*cos(ugol) else x[i+2]:=x[i+1]+ss*cos(ugol) fi:
y[i+1]:= y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+ss*sin(ugol):sch:=1 fi
fi: od od:

for h1 from 1 to 4 do for h2 from 1 to 5
do sch:=0:
if sch=0 then
if(y[i+2]-20-h1*b+10)^2+(x[i+2]+7.5-h2*a)^2<=4 then
ug_kas:=180/3.141*(3.141/2-arctan(abs((b*h1+10-y[i+2])/(a*h2-7.5-x[i+2])))):
ug_kas1:=floor(ug_kas):
AddFlavor(shh=rand(0..ug_kas1)):
ugol:=Generate(shh):
ugol:=ugol*3.141/180:
ss:=sqrt((x[i+2]-x[i+1])^2+(y[i+2]-y[i+1])^2):
x[i+1]:= x[i+2]:
if x[i+1]<h2*a-7.5 then x[i+2]:=x[i+1]-ss*cos(ugol) else x[i+2]:=x[i+1]+ss*cos(ugol)
fi:
y[i+1]:= y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+ss*sin(ugol):sch:=1 fi
fi: od od:

sh_x:=abs(x[i+2]-x[i+1]):
sh_y:=abs(y[i+2]-y[i+1]):
if x[i+2]<=0 then
x[i+1]:= x[i+2]:x[i+2]:=x[i+1]+sh_x:y[i+1]:= y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+sh_y fi:
if x[i+2]>=75 then x[i+1]:=x[i+2]:x[i+2]:=x[i+1]-sh_x:y[i+1]:=
y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+sh_y fi:
if y[i+2]>=175 then print(i+2,x[i+2],y[i+2]):IK:=i+2:break fi:
od:
x1:=seq(x[i],i=0..IK):
y1:=seq(y[i],i=0..IK):pp:=(x1,y1)->[x1,y1]:aa:=zip(pp,x1,y1,2):
GR:=plot(aa,0..75,
style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black):
display(L1,L2,{K4[iii,1]$iii=1..4},{K4[iii,2]$iii=1..4},{K4[iii,3]$iii=1..4},{K4[iii,4]
$iii=1..4},
{K5[iii,1]$iii=1..5},{K5[iii,2]$iii=1..5},{K5[iii,3]$iii=1..5},{K5[iii,4]$iii=1..5},
{K4_z[iii,1]$iii=1..4},{K4_z[iii,2]$iii=1..4},{K4_z[iii,3]$iii=1..4},{K4_z[iii,4]$iii=1.
.4},
{K5_z[iii,1]$iii=1..5},{K5_z[iii,2]$iii=1..5},{K5_z[iii,3]$iii=1..5},{K5_z[iii,4]$iii=1.
.5},
GR);

```

Додаток 9
Програма «Розподілення» показує розподілення зернівок
по ширині пластини розподільника

```

> g:=9810:
h:=.0001:
f:=.3:
a:=15:
b:=40:
sum_proc:=0:
be:=30*3.141/180:
v:=3500:
IK:=0:
with(RandomTools):
for p from 1 to 8 do polosa[p]:=0 od:
for qq from 80 to 100 by 10 do
    al:=qq*3.141/180:
for qqq from 0 to 30 by 10 do
    y[0]:=5+.5*qqq:y[1]:=y[0]+h*v*sin(al):
for q from 0 to 50 by 10 do
    x[0]:=27.5+.5*q:x[1]:=x[0]+h*v*cos(al):
for i from 0 to 100000 do
    x[i+2]:=2*x[i+1]-x[i]-h^2*f*cos(be)*cos(al)*(x[i+1]-x[i])/sqrt((x[i+1]-
    x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2):
    y[i+2]:=2*y[i+1]-y[i]-h^2*f*cos(be)*sin(al)*(y[i+1]-y[i])/sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-
    y[i])^2)+g*sin(be)*h^2:
for h1 from 1 to 4 do for h2 from 1 to 4
do sch:=0:
if sch=0 then
if(y[i+2]-h1*b+10)^2+(x[i+2]-h2*a)^2<=4 then
ug_kas:=180/3.141*(3.141/2-arctan(abs((b*h1-10-y[i+2])/(a*h2-x[i+2])))):
ug_kas1:=floor(ug_kas):
AddFlavor(shh=rand(0..ug_kas1)):
ugol:=Generate(shh):
ugol:=ugol*3.141/180:
ss:=sqrt((x[i+2]-x[i+1])^2+(y[i+2]-y[i+1])^2):
x[i+1]:= x[i+2]:
if x[i+1]<h2*a then x[i+2]:=x[i+1]-ss*cos(ugol) else x[i+2]:=x[i+1]+ss*cos(ugol) fi:
y[i+1]:= y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+ss*sin(ugol):sch:=1 fi
fi: od od:
for h1 from 1 to 4 do for h2 from 1 to 5
do sch:=0:
if sch=0 then
if(y[i+2]-20-h1*b+10)^2+(x[i+2]+7.5-h2*a)^2<=4 then
ug_kas:=180/3.141*(3.141/2-arctan(abs((b*h1+10-y[i+2])/(a*h2-7.5-x[i+2])))):
ug_kas1:=floor(ug_kas):

```

```

AddFlavor(shh=rand(0..ug_kas1)):
ugol:=Generate(shh):
ugol:=ugol*3.141/180:
ss:=sqrt((x[i+2]-x[i+1])^2+(y[i+2]-y[i+1])^2):
x[i+1]:= x[i+2]:
if x[i+1]<h2*a-7.5 then x[i+2]:=x[i+1]-ss*cos(ugol) else x[i+2]:=x[i+1]+ss*cos(ugol)
fi:
y[i+1]:= y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+ss*sin(ugol):sch:=1 fi
fi: od od:
sh_x:=abs(x[i+2]-x[i+1]):
sh_y:=abs(y[i+2]-y[i+1]):
if x[i+2]<=0 then
    x[i+1]:= x[i+2]:x[i+2]:=x[i+1]+sh_x:y[i+1]:= y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+sh_y fi:
if x[i+2]>=80 then x[i+1]:=x[i+2]:x[i+2]:=x[i+1]-sh_x:y[i+1]:=
y[i+2]:y[i+2]:=y[i+1]+sh_y fi:
if y[i+2]>=175 then print(x[i+2]):x_gor:=x[i+2]:

if x_gor<=80 then if x_gor>70 then polosa[8]:=polosa[8]+1 fi fi:
if x_gor<=70 then if x_gor>60 then polosa[7]:=polosa[7]+1 fi fi:
if x_gor<=60 then if x_gor>50 then polosa[6]:=polosa[6]+1 fi fi:
if x_gor<=50 then if x_gor>40 then polosa[5]:=polosa[5]+1:fi fi:
if x_gor<=40 then if x_gor>30 then polosa[4]:=polosa[4]+1 fi fi:
if x_gor<=30 then if x_gor>20 then polosa[3]:=polosa[3]+1 fi fi:
if x_gor<=20 then if x_gor>10 then polosa[2]:=polosa[2]+1 fi fi:
if x_gor<=10 then if x_gor>0 then polosa[1]:=polosa[1]+1 fi fi:
IK:=IK+1:break fi:
od          od          od          od:

for jj from 1 to 8 do procc[jj]:=polosa[jj]*100./IK:
sum_proc:=sum_proc+procc[jj]:
                                print(`jj`,``,polosa[jj`,``,procc[jj]) od:
x1:=[seq(i,i=1..8)]:
y1:=[seq(procc[i],i=1..8)]:
pp:=(x1,y1)->[x1,y1]:
aa:=zip(pp,x1,y1,2):
print(`частиц`,IK,sum_proc):
plot(aa,1..8,labels=[`ширина,
см`,`процент,%`],labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROM
AN,14],
style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black);

```

Додаток 10

Додаток 6.1

УКРАЇНА  UKRAINE



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 96249

СОШНИК ДВОДИСКОВИЙ ШИРОКОРЯДНИЙ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 10.10.2011.

Голова Державної служби інтелектуальної власності України  М.В. Паладій



(11) 96249

(19) UA

(51) МПК
A01C 7/20 (2006.01)

(21) Номер заявки: а 2011 01045

(22) Дата подання заявки: 31.01.2011

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: 10.10.2011(41) Дата публікації відомостей
про заявку та номер
бюлетеня: 10.06.2011,
Бюл. № 11(46) Дата публікації відомостей
про видачу патенту та
номер бюлетеня: 10.10.2011,
Бюл. № 19(72) Винахідники:
Деревянко Дмитро
Аксентійович, UA,
Грабар Іван Григорович, UA,
Синявська Анна Іванівна, UA(73) Власник:
ЖИТОМИРСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,
Старий Бульвар, 7, м.
Житомир, 10008, Україна, UA

(54) Назва винаходу:

СОШНИК ДВОДИСКОВИЙ ШИРОКОРЯДНИЙ

(57) Формула винаходу:

1. Сошник дводисковий широкорядний, що містить корпус, зв'язаний за допомогою кронштейна з транспортним засобом, два дискових ножі, встановлені в корпусі з розміщенням площин їх обертання назустріч один до одного під кутом до вертикальної площини, що співпадає з напрямком руху транспортного засобу і насіннепровід з розподільником, який відрізняється тим, що насіннепровід виконаний з одноструменевим розподільником, а сошник додатково забезпечений лапою з шириною, що відповідає відстані між борознами, що утворюються в результаті розгортання ґрунту дисковими ножами при русі сошника, причому лапа встановлена з забезпеченням розміщення площини її основи в площині основи борозен, крім того, під нижнім отвором розподільника насіннепроводу на шляху падіння насіння встановлена розсіююча пластина під кутом 15-45° до горизонту шириною співрозмірною з відстанню між борознами, причому вона забезпечена штирями, розміщеними в шаховому порядку на відстані один від одного, які забезпечують вільний рух насіння між ними, крім того, розсіююча пластина встановлена з розміщенням її нижнього краю з забезпеченням зсипання насіння після проходження лапи по ґрунту при русі сошника.

2. Сошник за п. 1, який відрізняється тим, що розсіююча пластина встановлена під кутом 30° до горизонту, а штирі виконані діаметром 2 мм і довжиною 10 мм.

3. Сошник за п. 1, який відрізняється тим, що розсіююча пластина та штирі на ній забезпечені гумовим покриттям.

Додаток 11

Додаток 6.2

УКРАЇНА UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 66213

СЕПАРАТОР ВІБРОВІДЦЕНТРОВИЙ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **26.12.2011.**

Голова Державної служби інтелектуальної власності України

 М.В. Паладій





(11) **66213**(19) **UA**(51) МПК (2011.01)
B07B 9/00

- (21) Номер заявки: **u 2011 07483**
- (22) Дата подання заявки: **14.06.2011**
- (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **26.12.2011**
- (46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **26.12.2011, Бюл. № 24**

(72) Винахідники:
**Дерев'янко Дмитро
Аксентійович, UA,
Грабар Іван Григорович, UA,
Синявська Анна Іванівна, UA**

(73) Власник:
**ЖИТОМИРСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,
бульвар Старий, 7, м.
Житомир, 10008, UA**

(54) Назва корисної моделі:

СЕПАРАТОР ВІБРОВІДЦЕНТРОВИЙ

(57) Формула корисної моделі:

1. Сепаратор вібровідцентровий, що містить кожух, пневматичну віялку для видалення легких домішок з повітропроводом для видалення останніх, розкидачем віялки і приймальним конусом, вторинний розкидач, три циліндричних решітних барабани однакового діаметра для сепарації зерна, встановлені один над іншим, привід розкидачів і вертикального вібраційного руху решітних барабанів і лотки системи видалення розділених фракцій, який відрізняється тим, що поверхні розкидача віялки, приймального конуса і кожуха, що контактують із зерном, виконані зі зм'якшуючим покриттям.
2. Сепаратор вібровідцентровий за п. 1, який відрізняється тим, що зм'якшуюче покриття виконане у вигляді гумової футерівки.

Додаток 12

Додаток 6.3

Україна UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 66218

СЕПАРАТОР ВІБРОВІДЦЕНТРОВИЙ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **26.12.2011.**

Голова Державної служби інтелектуальної власності України

 М.В. Паладій



(11) **66218**(19) **UA**(51) МПК (2011.01)
B07B 9/00(21) Номер заявки: **u 2011 07525**(22) Дата подання заявки: **14.06.2011**(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну модель: **26.12.2011**(46) Дата публікації відомостей
про видачу патенту та
номер бюлетеня: **26.12.2011,
Бюл. № 24**

(72) Винахідники:

**Дерев'янко Дмитро
Аксентійович, UA,
Грабар Іван Григорович, UA,
Синявська Анна Іванівна, UA**

(73) Власник:

**ЖИТОМИРСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,
бульвар Старий, 7, м.
Житомир, 10008, UA**

(54) Назва корисної моделі:

СЕПАРАТОР ВІБРОВІДЦЕНТРОВИЙ

(57) Формула корисної моделі:

1. Сепаратор вібровідцентровий, що містить пневматичну віялку для видалення легких домішок з повітропроводом для видалення останніх і розкидачем віялки, вторинний розкидач, три циліндричних решітних барабани однакового діаметра для сепарації зерна, встановлені один над одним, привід розкидачів і вертикального вібраційного руху решітних барабанів і лотки системи видалення розділених фракцій, який відрізняється тим, що кожний циліндричний решітний барабан оснащений вловлювачем-розкидачем сепарованого зерна, причому нижній циліндричний решітний барабан оснащений подвійним вловлювачем-розкидачем сепарованого зерна, а верхній циліндричний решітний барабан виконаний з можливістю демонтажу вловлювача-розкидача сепарованого зерна за потреби застосування сепаратора як калібрувальника.

2. Сепаратор за п. 1, який відрізняється тим, що кожен вловлювач-розкидач сепарованого зерна виконаний у вигляді гумових секторів.

Додаток 13



(11)100320

(19)UA

(51)МПК (2012.01)
B07B 9/00

Номер заявки: а 2011 07524

Дата подання заявки: 14.06.2011

Дата, з якої є чинними
права на винахід: 10.12.2012Дата публікації відомостей
заявку та номер
бюлетеня: 25.11.2011,
Бюл.№ 22Дата публікації відомостей
видачу патенту та Бюл. № 23
номер бюлетеня: 10.12.2012,

(72) Винахідники:

Дерев'яно Дмитро
Аксентійович, UA,Грабар Іван Григорович, UA,
Синявська Анна Іванівна, UA

(73) Власник:

ЖИТОМИРСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,
бульвар Старий, 7, м. Житомир,
10008, Україна, UA

(54) Назва винаходу:

ВІДЦЕНТРОВИЙ РОЗКИДНИЙ ПНЕВМОСЕПАРУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ ЗЕРНОСЕПАРАТОРА

(57) Формула винаходу:

1. Відцентровий розкидний пневмосепаруючий пристрій зерносепаратора, що містить корпус, завантажувальний та відвідний патрубки, конус для сходу відсепарованого зерна, вільний розкидач у вигляді зв'язаного з приводом обертання подвійного конуса з внутрішньою та зовнішньою поверхнями, і лопаток, радіально встановлених між внутрішньою та зовнішньою поверхнями подвійного конуса з забезпеченням балансу при обертанні, який відрізняється тим, що лопатки виконані двох типорозмірів, поперемінно встановлені між внутрішньою та зовнішньою поверхнями подвійного конуса, а подвійний конус виконаний з вибірками на його зовнішній поверхні, причому вибірки виконані за кількістю відповідно до залежності:

$$N=A/2$$

де:

N - кількість вибірок на зовнішній поверхні подвійного конуса;

A - кількість лопаток.

2. Відцентровий розкидний пневмосепаруючий пристрій зерносепаратора за п. 1, який відрізняється тим, що вибірки на зовнішній поверхні подвійного конуса виконані з забезпеченням геометричної форми, яка є в плані багатокутником з N сторонами.

3. Відцентровий розкидний пневмосепаруючий пристрій зерносепаратора за п. 1, який відрізняється тим, що поверхні пристрою, що контактують з зерном, покриті шаром гуми товщиною, що забезпечує її механічну міцність та малотравматичне проходження зерна через пристрій.

Додаток 14



(19) **UA** (11) **100794** (51) **МПК (2013.01) B07B 9/00**

(21) Номер заявки:	а 2011 08984	(72) Винахідник:
(22) Дата подання заявки:	18.07.2011	Дерев'янко Дмитро Аксентійович, UA
(24) Дата, з якої є -инними права на винахід:	25.01.2013	(73) Власник:
(41) Дата публікації відомостей про заяву та номер бюлетеня:	10.01.2012, Бюл. № 1	ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня:	25.01.2013, Бюл. № 2	бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна, UA

(54) Назва винаходу:

ВІДЦЕНТРОВИЙ РОЗКИДНИЙ ПНЕВМОСЕПАРУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ ЗЕРНОСЕПАРАТОРА

(57) Формула винаходу:

1. Відцентровий розкидний пневмосепаруючий пристрій зерносепаратора, що містить корпус з повітряними вікнами, завантажувальний та відвідний патрубки, конус для сходу відсепарованого зерна, віяльний розкидач у вигляді зв'язаного з приводом обертання подвійного конуса з внутрішньою та зовнішньою поверхнями, і лопаток, радіально встановлених між внутрішньою та зовнішньою поверхнями подвійного конуса з забезпеченням балансу при обертанні, який відрізняється тим, що конус для сходу відсепарованого зерна виконаний у вигляді конусного каскаду з забезпеченням між конусами зазорів, що дозволяють вільний прохід повітря між ними, причому кут зовнішньої поверхні подвійного конуса виконаний з забезпеченням віяльного розкидання зернової суміші конусною зоною з кутом $100...105^\circ$, крім того повітряні вікна виконані на боковій поверхні корпусу з забезпеченням всмоктування повітря з боку нижньої площини конусного каскаду та на верхній поверхні корпусу з забезпеченням всмоктування повітря в зону між верхньою поверхнею конусного каскаду та конусною зоною розкидання зернової суміші.

2. Відцентровий розкидний пневмосепаруючий пристрій зерносепаратора за п. 1, який відрізняється тим, що конусний каскад виконаний із чотирьох конусів.

3. Відцентровий розкидний пневмосепаруючий пристрій зерносепаратора за п. 1, який відрізняється тим, що повітряні вікна виконані у вигляді жалюзі з напрямком, протилежним напрямку обертання віяльного розкидача.

Додаток 15

Додаток 6.6

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 105313

СЕПАРАТОР ВІБРОВІДЦЕНТРОВИЙ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи
25.04.2014.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

М.В. Ковіня



(11)105313

(19) UA

(51)МПК (2014.01)
B07B 1/22 (2006.01)
B07B 9/00

(21) Номер заявки: а 2013 03048

(22) Дата подання заявки: 12.03.2013

(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.04.2014

(41) Дата публікації відомостей про заяву та номер бюлетеня: 12.08.2013, Бюл.№15

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та Бюл. №8 номер бюлетеня: 25.04.2014,

(72) Винахідник:
Дерев'янка Дмитро
Аксентійович, UA(73) Власник:
Дерев'янка Дмитро
Аксентійович,
с. Тарасівка, Звенигородський
р-н, Черкаська обл., 20212, UA

(54) Назва винаходу:

СЕПАРАТОР ВІБРОВІДЦЕНТРОВИЙ

(57) Формула винаходу:

1. Сепаратор вібровідцентровий, що містить кожух, пневматичну віялку для видалення легких домішок з повітропроводом для видалення останніх, розкидачем віялки і приймальним конусом, вторинний розкидач, решітний барабан для сепарації зерна, що має три секції решіт (верхня, середня та нижня), встановлені одна над іншим, ротор, привід розкидачів, ротора і вертикального вібраційного руху решітних барабанів і лотки системи видалення розділених фракцій, який відрізняється тим, що сепаратор виконаний з можливістю додаткового забезпечення кожної циліндричної решітної секції для сепарації зерна дисковими відбійниками, що встановлені в горизонтальній площині і виконані з можливістю регульованого переміщення в зоні кожної циліндричної решітної секції для сепарації зерна, причому кожний відбійник виконаний з діаметром, що унеможливає неконтрольоване падіння зерна в систему видалення фракції відходів, і з можливістю проходження скрізь нього предметів збільшеної ваги.

2. Сепаратор вібровідцентровий за п. 1, який відрізняється тим, що кожний відбійник виконаний з двох гумових дисків з можливістю демонтажу одного із дисків в разі потреби, причому кожний гумовий диск розділений на міні-сектори за рахунок радіальних пазів, що виконані по периферії диска через кожні 15° на 1/3 радіуса.

Додаток 16

Додаток 7.2.1



ЗАТВЕРДЖУЮ:

Голова правління

ПАТ "Червона зірка"

С.Г. Калапа

« 1 » травня 2011 р.

АКТ

прийняття до впровадження результатів наукової роботи доцента кафедри процесів, машин і обладнання, інженерно-технічного факультету ЖНАЕУ Дерев'янка Дмитра Аксентійовича у виробництво

Комісія в складі представників ПАТ "Червона зірка" – головного зварювальника Яблонського І. А., директора механоскладального цеху Мартиненко І. А., інженера-технолога Ярової Л.В. та представника Житомирського національного агроекоекологічного університету – кандидата сільськогосподарських наук, доцента кафедри процесів, машин і обладнання Дерев'янка Д.А. склали даний акт про те, що на ПАТ "Червона зірка" прийняті до впровадження результати наукової роботи "Вдосконалення технічних засобів і технологій при збиранні, підготовці насіння та сівбі зернових культур" доп. Дерев'янка Д.А., а саме запропонована конструкція сошника зернової сівалки для смугової сівби зернових та інших сільськогосподарських культур.

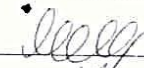
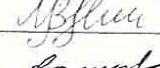
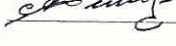
Комісія вважає, що запропонована конструкція дискового сошника зернової сівалки забезпечить:

- оптимальне, рівномірне розміщення насіння не в рядку, а в смугі, що сприяє кращому проростанню, використанню вологи, поживних речовин та сонячної енергії, а це в свою чергу забезпечить кращий ріст, розвиток та формування більш продуктивних стебел, колосків, зернин і отже значно вищу урожайність;

- істотно менше травмування зернин під час сівби за рахунок гумових покриттів розподільчої пластини і штирів, робочих елементів нової конструкції, що позитивно вплине на якість висіяного насіння та забезпечить кращу урожайність зернових: озимої пшениці, жита, а також інших сільськогосподарських культур,

та після відповідної підготовки виробництва будуть впроваджені на ПАТ "Червона зірка" на безоплатній основі.

Члени комісії:

 І.А. Яблонський
 І.А. Мартиненко
 Л.В. Ярова
 Д.А. Дерев'янка

Додаток 17

СОГЛАСОВАНО:

Проректор по НР ЖНАЭУ

Грабар И.Г.
19 июля 2011 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ГП Потаське ХЗП
ГAK «Хліб України»Шевченко В.П.
22 июля 2011 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских
и технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик ГП Потаське ХЗП ГAK «Хліб України» Маньковского района
Черкасской области

(наименование организации)

директор Шевченко Виктор Петрович

(ф.и.о. руководителя организации)

Настоящим актом подтверждаем, что результаты работы по теме: «Разработка

перспективной технологии очистки зернового вороха, подготовки семян, посева и
повышения эффективности сельскохозяйственной техники»

(наименование темы, № гос. регистрации)

выполненной в Житомирском НАЭУ в период с 01.10.2009 по 01.03.2011

(наименование вуза, сроки выполнения)

внедрены В ГП «Потаське»

(наименование предприятия, где осуществлялось внедрение)

1. Вид внедренных результатов Модернизация машины БЦСМ-50

(эксплуатация изделия, работы, технологии)

2. Характеристика масштаба внедрения единичное

(уникальное, единичное, партия, массовое, серийное)

3. Форма внедрения:

Методика(метод) Изменение технологического процесса очистки озимых зерновых
культур в результате реконструкции «Центробежного разбрасывателя
пневмосепарирующего устройства зерносепаратора»

4. Новизна результатов научно-исследовательских работ качественно новые

(принципиально новые, качественно новые, модификации модернизация старых разработок).

5. Внедрены:

-в промышленное производство

Модернизация машины БЦСМ-50

(участок, цех, процесс)

6. Годовой экономический эффект:

фактический _____ рублей на один гектар посева

7. Социальный и научно-технический эффект улучшение условий труда
оператора за счет лучшего повышения охраны окружающей среды

(охрана окружающей среды, улучшение и оздоровление условий труда)

(совершенствование структуры управления научно-технических направлений,

социальные назначения и т. д.)

Декан факультета МСХ ЖНАЭУ

Боровский В.Н.

Руководитель НИР

Лось Л.В.

Ответственные за внедрение

Мандра М.С.

Патоля А.И.

Деревянко Д.А.

Додаток 18

СОГЛАСОВАНО:

Проректор по НР ЖНАЭУ

Грабар И.Г.
30 августа 2011 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор СПК «Стецівське»

Бруслиновский В.В.
6 сентября 2011 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских
и технологических работ в высших учебных заведенияхЗаказчик СПК «Стецівське» Звенигородского района Черкасской области

(наименование организации)

директор Бруслиновский Василий Владимирович

(ф.и.о. руководителя организации)

Настоящим актом подтверждаем, что результаты работы по теме: «Разработкаперспективной технологии очистки зернового вороха, подготовки семян, посева и
повышения эффективности сельскохозяйственной техники»

(наименование темы, № гос. регистрации)

выполненной в Житомирском ЖНАЭУ в период с 01.10.2009 по 01.03.2011

(наименование вуза, сроки выполнения)

внедрены в СПК «Стецівське»

(наименование предприятия, где осуществлялось внедрение)

1. Вид внедренных результатов Модернизация сошника дводискового ширококорядного

(эксплуатация изделия, работы, технологии)

2. Характеристика масштаба внедрения единичное

(уникальное, единичное, партия, массовое, серийное)

3. Форма внедрения:

Методика(метод) Совершенствование технологического процесса посева зерновых
модернизацией «Сошника дводискового ширококорядного»4. Новизна результатов научно-исследовательских работ принципиально
новые

(принципиально новые, качественно новые, модификации модернизация старых разработок)

5. Внедрены:

-в промышленное производство реконструированный сошник

(участок, цех, процесс)

6. Годовой экономический эффект:

Закінчення додатка 18

фактический _____ рублей на один гектар посева

7. Социальный и научно-технический эффект улучшение условий труда оператора за счет свободного прохождения, попадания и размещения семян в ложе почвы

(охрана окружающей среды, улучшение и оздоровление условий труда)

(совершенствование структуры управления научно-технических направлений,

(социальные назначения и т. д.)

Декан факультета МСХ ЖНАЭУ

Боровский В.Н.

Руководитель НИР

Лось Л.В.

Ответственные за внедрение

Ковтун А.И.

Стаднийчук Г.Ф.

Постоян Н.О.

Деревянко Д.А.



Додаток 19

Додаток 7.2.4

СОГЛАСОВАНО:

Проректор по НР ЖНАЕУ

Грбар И.Г.
2 сентября 2011 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор СПК «Маяк»

Сплодитель П.Т.
9 сентября 2011 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских
и технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик СПК «Маяк» Оратовского района Винницкой области
(наименование организации)

директор Сплодитель Петр Терентьевич

(ф.и.о. руководителя организации)

Настоящим актом подтверждаем, что результаты работы по теме: «Разработка
перспективной технологии очистки зернового вороха, подготовки семян, посева и
повышения эффективности сельскохозяйственной техники»

(наименование темы, № гос. регистрации)

выполненной в Житомирском НАЭУ в период с 01.10.2009 по 01.03.2011

(наименование вуза, сроки выполнения)

внедрены В СПК «Маяк»

(наименование предприятия, где осуществлялось внедрение)

1. Вид внедренных результатов Модернизация сошника дводискового ширококорядного
(эксплуатация изделия, работы, технологии)

2. Характеристика масштаба внедрения единичное

(уникальное, единичное, партия, массовое, серийное)

3. Форма внедрения:

Методика(метод) Изменение технологического процесса посева озимых зерновых
культур в результате реконструкции «Сошника дводискового ширококорядного»

4. Новизна результатов научно-исследовательских работ принципиально
новые

(принципиально новые, качественно новые, модификации модернизация старых разработок).

5. Внедрены:

- в промышленное производство реконструированный сошник

(участок, цех, процесс)

6. Годовой экономический эффект:

фактический рублей на один гектар посева

7. Социальный и научно-технический эффект улучшение условий труда
оператора за счет прохождения попадания и размещения семян в почве

(охрана окружающей среды, улучшение и оздоровление условий труда)

(совершенствование структуры управления научно-технических направлений,

(социальные назначения и т. д.)

Декан факультета МСХ ЖПАЭУ

Боровский В.Н.

Руководитель НИР

Лось Л.В.

Ответственные за внедрение

Карнаух А.И.

Куприй В.И.

Дервянко Л.А.



Додаток 20

СОГЛАСОВАНО:

Проректор по НР ЖНАЭУ

Грабар И.Г.
28 сентября 2011 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ЧСП «Украина»

Линик В.В.
9 сентября 2011 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских
и технологических работ в высших учебных заведенияхЗаказчик ЧСП «Украина» Попильнянского района Житомирской области

(наименование организации)

директор Линик Виталий Владимирович

(ф.и.о. руководителя организации)

Настоящим актом подтверждаем, что результаты работы по теме: «Разработка

перспективной технологии очистки зернового вороха, подготовки семян, посева и
повышения эффективности сельскохозяйственной техники»

(наименование темы, № гос. регистрации)

выполненной в Житомирском НАЭУ в период с 01.10.2010 по 01.08.2011

(наименование вуза, сроки выполнения)

внедрены в ЧСП «Украина»

(наименование предприятия, где осуществлялось внедрение)

1. Вид внедренных результатов Модернизация машины БЦСМ-50

(эксплуатация изделия, работы, технологии)

2. Характеристика масштаба внедрения единичное

(уникальное, единичное, партия, массовое, серийное)

3. Форма внедрения:

Методика(метод) Изменение технологического процесса очистки озимых зерновых
культур в результате реконструкции «Центробежного разбрасывателя
пневмосепарирующего устройства зерносепаратора»4. Новизна результатов научно-исследовательских работ качественно
новые

(принципиально новые, качественно новые, модификации модернизация старых разработок)

5. Внедрены:

-в промышленное производство

Модернизация машины БЦСМ-50

(участок, цех, процесс)

6. Годовой экономический эффект:

фактический _____ рублей на один гектар посева

7. Социальный и научно-технический эффект улучшение условий труда
оператора за счет повышения охраны окружающей среды

(охрана окружающей среды, улучшение и оздоровление условий труда

(совершенствование структуры управления научно-технических направлений,

(социальные назначения и т. д.)

Декан факультета МСХ ЖНАЭУ

Боровский В.Н.

Руководитель НИР

Лось Л.В.

Ответственные за внедрение

Калужный Ю.С.

Кошовой И.В.

Дервянко Д.А.

Додаток 21

Додаток 7.2.6

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
Державного підприємства Л. І. Янішевський« » _____ 2013 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Житомирського національного
агроєкологічного університету В. М. Микитюк« » _____ 2013 р.

АКТ

про провадження результатів науково-дослідних, конструкторських та технологічних робіт згідно дисертаційних досліджень та відповідно Патентів на винаходи конструкції сепаратора вібровідцентрового зернового з метою зменшення травмування зернівок, покращення очищення і підготовки високоякісного насіння та дискового сошника зернової сівалки для смугової сівби, доцента кафедри процесів, машин і обладнання ЖНАЕУ Дерев'янка Дмитра Аксентійовича на здобуття наукового ступення доктора технічних наук.

Комісія у складі:

Голова – проректор з наукової роботи та інноваційного розвитку ЖНАЕУ, д.е.н., доцент Скидан О. В.

Члени комісії: консультант науково-дослідної теми, заслужений діяч науки і техніки РФ, академік ААО, д.т.н., професор ВДАУ Тарасенко О. П.;

– заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор ЖНАЕУ Лось Л. В.;

– декан агро-інженерного факультету, д.с-г.н., професор ВДАУ Оробінський В. І.;

– к.с-г.н., доцент кафедри процесів, машин і обладнання ЖНАЕУ Дерев'янка Д. А.;

– технічний керівник О. М. Громадський;

– спеціаліст підприємства С. М. Фещук.

Закінчення додатка 21

цим Актом засвідчує, що результати дисертаційного дослідження на тему "Вдосконалення технічних засобів, технологій збирання, підготовки насіння та сівби зернових культур" науково-дослідної роботи Дерев'янка Дмитра Аксентійовича після відповідної конструкторської та технологічної підготовки виробництва впроваджено у Обласному центрі експертизи сортів рослин при проектуванні, виготовленні та випробуваннях конструкцій перспективних, насіннесочисних вібросепараторів для підготовки високоякісного насіння і дискового сошника зернової сіялки.

Голова комісії д.е.н., доцент

О. В. Скидан

Члени комісії: заслужений діяч

науки і техніки РФ, академік ААО,

д.т.н., професор

О. П. Тарасенко

заслужений діяч науки і техніки

України, д.т.н., професор

Л. В. Лось

декан агро-інженерного

факультету, д.с-г.н, професор

В. І. Оробінський

к.с-г.н., доцент

Д. А. Дерев'янка

технічний керівник

О. М. Громадський

спеціаліст підприємства

С. М. Фещук



Підписав/заверяю
Начальник відділу агропродовольства
Н. А. Шенна

Додаток 22

Додаток 7.2.7

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
СВТП «Механік» С. А. Слободенюк
2013 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Житомирського національного
агроєкологічного університету В. М. Микитюк
2013 р.

АКТ

про провадження результатів науково-дослідних, конструкторських та технологічних робіт згідно дисертаційних досліджень та відповідно Патентів на винаходи модернізації конструкції сепаратора вібровідцентрового зернового з метою зменшення травмування зернівок, покращення очищення і підготовки високоякісного насіння, доцента кафедри процесів, машин і обладнання ЖНАЕУ Дерев'янка Дмитра Аксентійовича на здобуття наукового ступення доктора технічних наук.

Комісія у складі:

Голова – проректор з наукової роботи та інноваційного розвитку ЖНАЕУ, д.е.н., доцент Скидан О. В.

Члени комісії: консультант науково-дослідної теми академік ОАО, д.т.н., професор ВДАУ Тарасенко О. П.;

– Заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор ЖНАЕУ Лось Л. В.;

– декан агро-інженерного факультету, д.с-г.н., професор ВДАУ Оробінський В. І.;

– к.с-г.н., доцент кафедри процесів, машин і обладнання ЖНАЕУ Дерев'янка Д. А.;

– технічний керівник М. В. Дубінчак;

– керівник цеху О. Г. Михайловська.

цим Актом засвідчує, що результати дисертаційного дослідження на

Закінчення додатка 22

тему "Вдосконалення технічних засобів, технологій збирання, підготовки насіння та сівби зернових культур" науково-дослідної роботи Дерев'янка Дмитра Аксентійовича після відповідної конструкторської та технологічної підготовки виробництва впроваджено у СВТП «Механік» при проектуванні та виготовленні конструкцій перспективних, модернізованих, насіннеочисних вібросепараторів для підготовки високоякісного насіння.

Голова комісії д.е.н., доцент

О. В. Скидан

Члени комісії: академік ОАО,

д.т.н., професор

О. П. Тарасенко

заслужений діяч науки і техніки

України, д.т.н., професор

Л. В. Лось

декан агро-інженерного

факультету, д.с-г.н, професор

В. І. Оробінський

к.с-г.н., доцент

Д. А. Дерев'янку

технічний керівник

М. В. Дубінчак

керівник цеху

О. Г. Михайловська



Додаток 23

Додаток 7.2.8

ЗАТВЕРДЖУЮ



В. А. Тарасевич

2013 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ



Ректор Житомирського національного агроекологічного університету

В. М. Микитюк

2013 р.

АКТ

про провадження результатів науково-дослідних, конструкторських та технологічних робіт згідно дисертаційних досліджень та відповідно Патентів на винаходи конструкції сепаратора вібровідцентрового зернового з метою зменшення травмування зернівок, покращення очищення і підготовки високоякісного насіння, доцента кафедри процесів, машин і обладнання ЖНАЕУ Дерев'янка Дмитра Аксентійовича на здобуття наукового ступення доктора технічних наук.

Комісія у складі:

Голова – проректор з наукової роботи та інноваційного розвитку ЖНАЕУ, д.е.н., доцент Скидан О. В.

Члени комісії: консультант науково-дослідної теми академік ОАО, д.т.н., професор ВДАУ Тарасенко О. П.;

– Заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор ЖНАЕУ Лось Л. В.;

– декан агро-інженерного факультету, д.с-г.н., професор ВДАУ Оробінський В. І.;

– к.с-г.н., доцент кафедри процесів, машин і обладнання ЖНАЕУ Дерев'янка Д. А.;

– технічний керівник ФОП "Тарасевич" Тарасевич Я. А. ;

– головний спеціаліст ФОП "Тарасевич" Плотницький С. В.

цим Актом засвідчує, що результати дисертаційного дослідження на

Закінчення додатка 23

тему "Вдосконалення технічних засобів, технологій збирання, підготовки насіння та сівби зернових культур" науково-дослідної роботи Дерев'янка Дмитра Аксентійовича після відповідної конструкторської та технологічної підготовки виробництва впроваджено у ФОП "Тарасевич" при проектуванні та виготовленні конструкцій перспективних, насіннеочисних вібросепараторів для підготовки високоякісного насіння.

Голова комісії д.е.н., доцент

О. В. Скидан

Члени комісії: академік ОАО,

д.т.н., професор

О. П. Тарасенко

заслужений діяч науки і техніки

України, д.т.н., професор

Л. В. Лось

декан агро-інженерного

факультету, д.с.-г.н., професор

В. І. Оробінський

к.с.-г.н., доцент

Д. А. Дерев'янка

технічний керівник

Я. А. Тарасевич

головний спеціаліст

С. В. Плотницький



Подпись заверяют:
Начальник отдела делопроизводства

Н. А. Шенна