

ВІДГУК

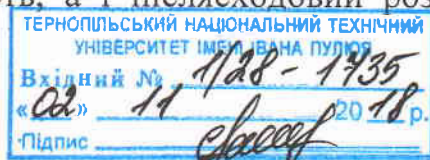
офіційного опонента, доктора технічних наук, професора **Котова Бориса Івановича** на дисертаційну роботу **Дерев'янка Дмитра Аксентійовича** «Механіко-технологічне обґрунтування процесів зниження травмування насіння зернових культур технічними засобами», що представлена до спеціалізованої вченої ради Д58.052.02 Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя до захисту на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

1. Актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами

Вирішення проблеми продовольчого забезпечення населення є одним з головних завдань агропромислового комплексу України. А це значною мірою залежить від наявності необхідних запасів якісного зерна, які, насамперед, залежать від збільшення валового збору зернових культур, що, в свою чергу, вимагає підвищення їх урожайності. А це неможливо без забезпечення необхідної якості посівного матеріалу. В умовах виробництва сівба неякісним насінням перекривається підвищеними нормами висіву, а це призводить до значних фінансових збитків. Слід зазначити, що якість насіння істотно знижують сучасні технічні засоби та технологічні лінії після проходження різних технологічних процесів оброблення насіння.

Травмування зерна і насіння, особливо мікротравмування, під час збирання, післязбирального оброблення та сівби в окремі роки досягають 50-60% і більше.

Нинішні технічні засоби та технологічні лінії збирання, післязбирального оброблення та сівби не завжди і не повною мірою забезпечують отримання високоякісного насіння, тому що на всіх стадіях технологічних процесів оброблення зернівки зазнають значних механічних навантажень, а від них – мікротравмування і макротравмування важливих біологічних елементів зернівки, що значно знижує не лише схожість, а і післясходовий розвиток



майбутньої рослини, а в кінцевому рахунку – урожай. Тому проведення комплексних досліджень процесів зниження впливу робочих елементів машин та технологічних ліній на травмування насіння зернових культур на усіх стадіях його підготовки і сівби та підвищення його якісних показників є актуальною науково-практичною проблемою підвищення урожайності зернових культур, а отже і виробництва зерна в Україні.

Робота виконувалася в Житомирському національному агроекологічному університеті згідно із Законом України «Про стимулювання розвитку вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу» №5478-VI (5478-17) від 06.11.2012 р., пов'язана 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).

2. Ступінь обґрунтованості і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, є достовірними та належним чином обґрунтованими. Це підтверджено результатами теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних здобувачем та впроваджених у виробництво.

Перший висновок зроблено на основі огляду літературних джерел, в яких розглянуто вплив вологості насіння та кінематичних режимів роботи зернозбиральних комбайнів на деформування, травмування та зниження якості насіння, що може погіршити польову схожість на 20-25%. Тому обмолочування зернових культур та підготовки їх насіння необхідно проводити за вологості 15-16% із застосуванням способів та засобів, що забезпечують мінімальні механічні навантаження на зернівку.

Другий висновок ґрунтується на проведених автором теоретичних дослідженнях. Розроблені математичні моделі впливу молотильних апаратів барабанного і роторного типів на травмування зернівок на підставі порівняльної оцінки імпульсів ударяння на першій половині обмолочування та експериментальних досліджень різних видів комбайнів з молотильними апаратами барабанного та роторного типів. Автором змодельовано динаміку травмування насіння від багаторазових механічних впливів робочих органів насіннеочисних машин на основі імовірнісного підходу, де процес накопичення травмованого насіння розглянуто як простий пуасонівський процес.

Третій висновок базується на результатах експериментальних досліджень фракційної технології оброблення зернового вороху за найважливішими ознаками. Головним показником якості розподілення на фракції у першому випадку було вибрано товщину зернівок, а тому були підібрані відповідні решета; у другому випадку за основний показник фракціонування було вибрано швидкість руху та обертання-кружляння, витання зернівок, а тому було підібрано швидкість руху у пневмосепарувальному каналі.

Четвертий висновок ґрунтується на основі розробленої автором математичної моделі деформування пружно-в'язкої еліпсоїдної зернівки при її падінні на сферичну поверхню розподільника пневмосепарувального пристосування. На підставі отриманої математичної моделі здійснена мінімізація енергії прискорень руху зернівки за вибраними кінематичними параметрами, що забезпечує плавне сповільнене проходження процесу деформування насіння, а отже зменшує його мікротравмування. В результаті цих досліджень отримані наведені у цьому висновку конструкційні і кінематичні параметри розподільника, зокрема отримано, що при падінні насіння масою 0,04-0,052 з поперечним радіусом 3-4 мм на сферичну поверхню розподільника радіусом 600 мм, який обертається з кутовою швидкістю до 6 рад.*с⁻¹, тангенційна деформація становить 0,021-0,025 мм.

П'ятий висновок ґрунтується на основі розробленої автором математичної моделі деформування зернівки, форма якої описується еліпсоїдом обертання. Також здійснено мінімізацію енергії прискорень руху зернівки за рядом параметрів з метою зменшення швидкості і величини деформації зернівки, що, в свою чергу, знижує рівень мікротравмування насіння. В результаті отримані необхідні конструкційні і кінематичні параметри розподільника, що забезпечують мінімальне травмування насіння.

Шостий висновок отриманий на підставі розв'язку складених автором рівнянь руху зернівок по горизонтальній ділянці розподільника та вздовж лопатки похилого сектора розподільника пневмосепарувального пристрою вібровідцентрового сепаратора та підтвердження результатів розрахунків експериментальними дослідженнями процесів мікротравмування насіння.

Сьомий висновок про те, що застосування пневмосепарувального пристрою розробленої конструкції сприяє зниженню макротравмування насіння пшениці з 5,1% до 2,4%, жита - з 6,3% до 3,5%, а мікротравмування пшениці – з 20,4% до 5,8%, жита – з 28,7% до 8,6% ґрунтується на основі результатів експериментальних досліджень вібровідцентрового сепаратора.

Восьмий висновок ґрунтується на результатах еспериментальних досліджень вібровідцентрового сепаратора, зокрема застосування запропонованої конструкції вловлювача-розподільника, що дозволяє відібрати і калібрувати найбільш якісне насіння лише за одне проходження, що значно знижує мікротравмування зернівок. Макротравмування також значно знижується: пшениці – з 6,3% до 2,0%, жита – з 7,0% до 3,0%.

Дев'ятий висновок здійснено на підставі теоретичних та експериментальних досліджень впливу робочих органів зернової сівалки на розподілення, травмування і якість насіння під час смугової сівби. На базі складених диференціальних рівнянь руху насіння по поверхні робочого органу дискового сошника запатентованої конструкції і їх розв'язку та експериментального підтвердження теоретичних результатів доведено, що для зниження мікротравмування та оптимального розподілу насіння по поверхні підшви ґрунту у вигляді смуги, а не в рядку, на пластині необхідно розмістити у шаховому порядку 9 рядів штирів, покритих гумою або іншими еластичними матеріалами. Це знижує мікротравмування з 6,2% до 2,7%, сприяє зростанню польової схожості, кращому використанні вологи, поживних речовин, сонячної енергії, а отже суттєвого збільшення урожайності в цілому.

Десятий висновок про результати впровадження наукових досліджень на цілому ряду підприємств підтверджується наявними актами впровадження, що прикладені до дисертаційної роботи.

Одинадцятий висновок про загальний сезонний економічний ефект від зниження травмування насіння, підвищення його якості та урожайності зернових культур підтверджується економічними розрахунками ефективності згідно з ГОСТ 23728-88 та ГОСТ 23730-88. Зазначений сезонний економічний ефект становить 3 777 247 грн.

3. Значущість для науки і практики одержаних автором результатів

Автором вирішено наукове завдання технічно-прикладної проблеми підвищення якості насіннєвого матеріалу зернових культур, шляхом зниження негативного впливу робочих органів машин на травмування насіння на всіх

стадіях його обробки і сівби, що сприяє підвищенню урожайності окремих культур і збільшенню виробництва зерна в цілому. Значущість теоретичних розробок полягає у створенні вдосконалених детермінованих математичних моделей, які дозволили дослідити вплив робочих органів машин, що входять в лінії підготовки насіння, на травмування насіння зернових культур:

- математичні моделі деформування пружно-в'язких зернівок у формі кулі та еліпсоїда обертання, аналіз і дослідження яких дало можливість кількісно оцінити вплив робочих органів розподільника пневмосепарувального пристосування на деформацію і травмування зернівок.
- математичні моделі руху зернівки вздовж поверхні вібровідцентрового решета з урахуванням переміщення крізь отвір решета, що дало можливість оцінити максимальне значення діючого фактору (параметрів вібрацій) на деформацію і травмування зернівки.

В плані наукової новизни слід відмітити моделювання руху частинки вздовж похилої поверхні при наявності перешкод з візуалізацією траєкторії руху (з відверненням частинок від штучних перешкод).

Експериментальними дослідженнями підтверджено теоретичні посилення, щодо впливу техногенних факторів роботи машин на травмування зерна і кількісно оцінено показники травмування зернового матеріалу при експлуатації серійних і створених експериментальних машин.

Практична значущість дисертації полягає в тому, що на підставі проведених досліджень обгрунтовано технічні заходи по вдосконаленню конструкцій машин, розроблено і випробувано нові конструкції робочих органів і рекомендації щодо режимів їх роботи.

4. Шляхи використання результатів досліджень

Автором представлено математичний опис, програмне забезпечення його реалізації у кількісній формі, отримані окремі аналітичні залежності, які

дозволяють дослідити і оцінити вплив режимних параметрів на процеси деформування і травмування зернівок окремих видів сільгоспкультур. Ці наукові розробки можуть бути використані при проектуванні нових типів робочих органів і машин для обробки зерна для всіх стадій процесу: від сівби до збирання і доробки.

Ряд досліджень (що не включено до завдань досліджень) залишилось автором поза увагою, а саме визначення залежностей ступеню травмування від робочих параметрів машин (частоти обертання, вібрацій, амплітуди коливань та інших). Ці роботи можуть бути виконано, як експериментально так і числовим експериментом на основі запропонованих моделей. Все це внесе вагомий вклад у розвиток зернообробної техніки.

5. Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях

Результати досліджень, що складають дисертаційну роботу, достатньо повно викладено у 83-х опублікованих працях, в т.ч. у 2-х монографіях (1 одноосібно), 73-х статтях, 2-х тезах наукових доповідей, 4-х патентах України на винахід (3 одноосібно), 2-х патентах України на корисну модель.

Серед опублікованих наукових статей: 61 – у наукових фахових виданнях України (44 одноосібно), 12 – у іноземних наукових фахових виданнях (9 одноосібно).

6. Оцінка змісту дисертації, її закінченість в цілому

Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 378 найменувань та 23 додатків. Основна частина дисертації викладена на 342 сторінках, а повний обсяг роботи становить 475 сторінок. Дисертація містить 151 рисунок і 59 таблиць.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, викладено зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Було сформульовано мету, завдання досліджень, вибрано об'єкт і предмет досліджень, відображено основні методи

досліджень, визначено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, а також окреслено проблему, що вирішена у дисертації.

У **першому розділі** висвітлені агрономічні та стандартні вимоги до якості насіння, технологічні та біологічні особливості травмування насіння зернових культур різними технічними і технологічними засобами. Здійснено аналіз сучасного стану і проблем механізації та автоматизації процесів зниження травмування насіння зернових культур за технологічних процесів від збирання до сівби. В результаті проведеного аналізу сформульовано завдання досліджень.

У **другому розділі** проведено теоретичні дослідження впливу механічних навантажень робочих органів машин, які задіяні в технологічному процесі оброблення зернових культур, на травмування і якість насіння.

На підставі порівняльної оцінки імпульсів ударяння на першій половині обмолоту молотильних апаратів барабанного і роторного типу зроблено висновок, що молотильні апарати роторного типу завдають зернівкам значно меншого травмування, ніж барабанного типу. Це підтверджено експериментальними дослідженнями у виробничих умовах.

Також змодельовано динаміку травмування насіння від багаторазових механічних впливів робочих органів насіннеочисних машин, де процес накопичення травмованого насіння представлено як простий пуасонівський процес.

Оскільки деформування зернівок часто викликає їхнє мікротравмування, то в даному розділі проведено дослідження механічних впливів на деформування та травмування зернівок у разі їх потрапляння на сферичну поверхню розподільника пневмосепарувального пристосування, коли зернівка падає на зазначену поверхню з деякої висоти. При цьому аналітичне дослідження деформування та мікротравмування пружно-в'язкої еліпсоїдної зернівки при дії сферичної поверхні розподільника здійснено на підставі застосування системи рівнянь кінематичного зв'язку, яка зв'язує в одній системі рівнянь кінематичні параметри зернівки з кінематичними параметрами

розподільника з врахуванням впливу земного тяжіння. Це дало можливість записати вираз для енергії прискорень і провести його мінімізацію за рядом кінематичних параметрів. Мінімальне значення енергії прискорень забезпечує такі значення кінематичних параметрів, які забезпечують мінімальне значення та мінімальну швидкість деформування зернівки, а отже мінімальне травмування. На підставі даної математичної моделі отримані графічні залежності кінематичних параметрів деформування зернівки під час взаємодії з поверхнею розподільника. Аналогічні теоретичні дослідження проведені для зернівок, які мають форму еліпсоїда обертання.

Крім цього, були побудовані математичні моделі руху зернівки по горизонтальній частині диска розподільника, вздовж лопатки похилого сектора, а також в аспіраційному каналі. На підставі розв'язування отриманих диференціальних рівнянь визначені кінематичні параметри розподільника, що забезпечують раціональне протікання технологічного процесу. При отриманих теоретично параметрах здійснена експериментальна перевірка ступеня травмування зернівок.

Також була побудована математична модель переміщення зернівки по диску розподільника насіння на циліндричні решета. Було визначено швидкість сходження зернівки з диска, що дало можливість теоретично дослідити ударну взаємодію зернівки з поверхнею решета і отримати обмеження на швидкість сходження зернівки з диска розподільника з умов допустимої сили непошкодження зернівки при ударі. На підставі теоретичних розрахунків та експериментального підтвердження, що за допустимої сили удару 150 Н, тривалості удару 0,002 с, маси 1000 зернівок 40-50 г, коефіцієнті відновлення швидкості після удару 0,85, обмеження максимальної швидкості сходження до 2-2,5 м/с створюватиме обмеження на максимальну лінійну швидкість диска розподільника, що сприятиме зниженню мікротравмування з 35-40% до 9-14% і суттєво впливатиме на якість насіння.

На базі математичної моделі руху зернівки по поверхні циліндричного решета вібровідцентрового сепаратора отримані значення максимальної

відносної швидкості переміщення зернівки, що дало можливість дослідити ударну взаємодію зернівки з кромкою отвору решета, і з умов непошкодження зернівки при ударній взаємодії визначити обмеження на максимальну відносну швидкість руху зернівки по поверхні решета. Це дало можливість зменшити мікротравмування на 9,5-15,5%, порівняно з виробничими умовами.

На підставі математичної моделі руху зернівки в камері протруювача отримано, що зменшення рушійної сили в камері до 1 Н (або менше) та збільшення сили опору до 2-3 Н, сприятиме зниженню мікротравмування до 2,3-2,5%, тобто більше, ніж у 2 рази.

Також проведено теоретичні дослідження впливу робочих органів транспортувальних та завантажувальних технічних засобів на травмування і якість насіння.

Завершальним етапом теоретичних досліджень було визначення впливу робочих органів зернової сівалки на розподілення, травмування і якість насіння під час смугової сівби. Побудована математична модель руху зернівки по розподільчій пластині із штирями з гумовим покриттям. При цьому мікротравмування зернівок наблизатиметься до мінімального – 2,5-2,9%, а їх розподілення по поверхні підшви ґрунту досягатиме 94-95%.

У **третьому розділі** представлено конструкційно-технологічне обладнання і виготовлення експериментального обладнання та приладів. Крім того, наведена методика визначення ступеня травмування зернівок.

У **четвертому розділі** наведені результати експериментальних досліджень ступеня травмування насіння зернових культур технічними засобами на всіх етапах його підготовки до сівби: збирання зернозбиральними комбайнами, післязбиральної обробки очисними машинами, протруювання, при транспортуванні транспортними засобами технологічних ліній, сівбі. Доведено, що найменшу кількість мікротравм (3,2 %) отримано після збирання пшениці роторним молотильним апаратом, при збиранні пшениці барабанним молотильним апаратом цей показник становить 9,4%. Автором зазначено, що при обмолочуванні різних сортів озимої пшениці комбайнами з різними

молотильними апаратами, різниця на користь роторних молотильних апаратів в порівнянні з барабанними досить суттєва – в межах 22%. Автором також досліджено взаємозв'язок між травмуванням насіння та його пошкодженням мікроорганізмами і пряму дію мікроорганізмів на погіршення якісних показників насіння озимої пшениці та жита. Аналіз мікротравмування насіння на всіх стадіях очищення показує, що травмування зростає під час проходження через необхідні машини та механізми і після пневмостола залишилося всього 22,0% нетравмованого насіння. Досліди проводилися на насіннеочисному заводі «Petkus» протягом 5 років (2009-2013 рр.). Як показують результати експериментальних досліджень, на вібровідцентровому сепараторі БЦСМ-25 загальне зростання травмування становило 18,6%, а нетравмованого насіння залишалося 48,4%. Доведено, що насіння озимого жита від впливу елементів технологічних ліній зазнає більших травмувань, ніж пшениці. На експериментальній віброочисній машині травмування пшениці знизилося на 7,9%, жита – на 18,9%. Доведено, що майже в усіх випадках після проходження насіння через протруювачі травмування зростало на 3-5%, що впливало на зниження якості. Автором також досліджено, що катушкові апарати та сошники зернових сівалок істотно впливають на збільшення травмування насіння, яке сягає меж 4-5%.

У даній роботі також досліджено вплив транспортувальних і завантажувальних технічних засобів на травмування насіння, яке перебуває в межах 3,2-3,5%.

В цілому слід відмітити, що автором проведено досить великий об'єм експериментальних досліджень і наведені показники травмування отримано вперше.

У п'ятому розділі обґрунтовано шляхи зниження травмування та покращення якості насіння під час збирання, післязбирального оброблення зернового вороху, підготовлення насіння, транспортування, завантажування та сівби. Серед багатьох зазначених шляхів зниження травмування слід відмітити наступні:

- мінімальна кількість технічних засобів та найменша довжина технологічних ліній;
- максимальне застосування гумових або будь-яких інших еластичних матеріалів.

Автором зазначено головні перспективні напрямки роботи наукових та організаційно-машинобудівних структур в галузі механізації збирання, підготовки насіння та сівби.

У шостому розділі представлено описи розроблених автором конструкцій, висвітлено предмети винаходів і їх практична цінність. Також проведено розрахунок показників господарсько-економічної ефективності реалізованих техніко-технологічних розробок із зниження травмування насіння.

Розрахунок сезонної економічної ефективності внаслідок підготовки насіння на модернізованому вібросепараторі показав, що за рахунок ефективності та підвищення якості, вона становить 1 779 740 грн.

Загальна техніко-економічна ефективність запропонованих заходів і модернізації технічних засобів зниження травмування насіння становитиме 3 777 247 грн.

У загальних висновках на основі проведених літературних, теоретико-експериментальних досліджень, показана необхідність зменшення травмування насіння на всіх етапах його обробки технічними засобами від збирання до сівби. Окреслено результати вирішення цієї проблеми у даній роботі та реалізації на підприємствах України.

7. Відповідність автореферату основним положенням дисертації

Автореферат з достатньою повнотою відображає основний зміст, наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи. Висновки в авторефераті і дисертації ідентичні.

8. Зауваження до дисертаційної роботи

1. Перший розділ переобтяжено описом відомих технологій і технічних засобів збирання і обробки насіннєвого матеріалу (60 с.). Разом з тим у підрозділі (1.4), що стосується аналізу наукових досліджень, не наведено

аналізу теоретичних досліджень (існуючих) руху частинок матеріалу вздовж поверхонь типових робочих органів (диск, конус, поверхні обертання з твірною криволінійної форми та інші), що привело автора до необхідності розв'язку вже відомих задач (П.М.Василенко, П.М.Заїка, Є.С.Гончаров та інші).

2. При формуванні математичного опису переміщення зернівки вздовж поверхонь, обертального диску, конусу, вібровідцентровому решеті сила опору середовища (повітря) не враховується і не вказано причин нехтування нею. Сила опору повітрю (середовищу) з'являється при опису руху по нахиленій поверхні та при вільному падінні.

3. При формулюванні математичного опису деформації зернівок при потраплянні на робочі органи (підрозділ 2.2) не вказано сили, що діють на зернівку.

4. В усіх аналітичних дослідженнях не наведено, які спрощуючі припущення прийнято при формулюванні математичних моделей і їх розв'язку.

5. При дослідженнях взаємодії зернівки з поверхнею вібровідцентрового решета, показано взаємодію частинки з кромкою отвора, але час взаємодії не визначено, хоча отримані рівняння дозволяють це зробити. Знаючи час переміщення крізь отвір і частоту вібрацій, можна було б оцінити кількість «ударів» кромки по зернівці.

6. При дослідженні шнекового протруювача доцільно було б визначити взаємодію зернини з кромкою шнека і поверхнею конуса, а не констатувати величину зазору при якому травмування мінімальне.

7. В процесі теоретичного аналізу вказується, що отримані дані підтверджуються експериментами, але не вказано якими.

8. Підрозділ 4.2. названо «Вплив параметрів», але самі параметри не вказано. На жаль відсутня комплексність експериментів щодо впливу конкретних параметрів режиму на травмування зернівок.

9. В розділі 6 «Конструктивно-технічна реалізація» не вказано, які саме технічні засоби розроблено автором, а які відомі, посилання на список

використаних джерел не відповідають назвам об'єктів у тексті. У додатках не наведено опис технічних засобів представлених в патентах, тільки титульні листки названих патентів (посилання в тексті на них немає).

10. Структура і методика висвітлення матеріалу теоретичних досліджень суттєво утруднює сприймання наведеного матеріалу; втрачається логічна послідовність викладення. Посилання на формули, що передують тим, які розглядаються є невизначеними (до якого підрозділу вони відносяться: 20 – підрозділів з однаковою нумерацією).

11. В тексті дисертації зустрічаються стилістично невдалі вирази, неточні формулювання, рисунки з графіками без позначень осей, розмірностей та інші друкарські огріхи.

Офіційний опонент, професор,
доктор технічних наук,
професор кафедри машиновикористання
в АПК Подільського державного
аграрно-технічного університету

Б.І.Котов

