

Офіційного опонента д.т.н., проф. Гевка Богдана Матвійовича на дисертаційну роботу Панкова Андрія Олександровича на тему: «Наукові основи підвищення ефективності роботи зернових сівалок застосуванням пневматичних висівних пристроїв дискретної дії», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва»

Актуальність роботи. В останні роки інтерес до проблем посіву значно зріс, що пояснюється важливістю цієї операції для підвищення врожайності с.-г. культур і впровадженням у виробництво ресурсозберігаючих технологій. Тому важливими завданнями у розвитку посівних машин є: підвищення продуктивності посівних агрегатів; зниження металосмності сівалок та їх робочих органів; підвищення якості посіву і надійності технологічного процесу; дослідження нових робочих органів; дослідження технології посіву на новій енергетичній базі; розробка надійних систем автоматичного контролю і регулювання процесу посіву.

Обмежені агротехнічні строки посіву, необхідність підвищення продуктивності праці обумовлюють тенденцію збільшення швидкості посівних агрегатів. Цей напрям у розвитку посівної техніки сприяє розробці принципово нових висівних систем. Застосування нових технологій посіву і висівних систем для них є одним з перспективних напрямків розвитку посівних машин у зв'язку з можливістю значного зниження витрат часу і праці на технологічне обслуговування посівних агрегатів та їх металомісткості; підвищення якості посіву і надійності технологічного процесу.

Тому підвищення ефективності роботи посівних машин шляхом удосконалення та обґрунтування технологічних процесів висіву насіння з різними фізико-механічними властивостями, конструктивно-технологічних схем і оптимізації параметрів висівних пристроїв безумовно є актуальною проблемою, вирішення якої має важливе господарське значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до "Національної програми розвитку агропромислового виробництва і відродження села України" на 1999-2010 роки; згідно «Стратегії пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки в Україні на 2011-2020 роки, а саме – новітні та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та АПК»; згідно «Програми впровадження регіональних наукових досліджень у промислове виробництво Кіровоградської області на 2017-2020 роки», а також згідно напрямків наукових досліджень Центральноукраїнського національного технічного університету (ЦНТУ) за темами «Розробка та впровадження нових технологій у виробництві та ремонті сільськогосподарської та автотракторної техніки» (№ ДР 0116U008106) та «Наукові основи підвищення ефективності висівних систем застосуванням струминних елементів та пристроїв» (№ ДР 0116U008109).

Наукове і практичне значення отриманих результатів. Дисертаційна робота Панкова Л.О. є завершеним, самостійно виконаним науковим дослідженням, характеризується високим рівнем актуальності, єдністю змісту, свідчить про особистий внесок здобувача в науку, містить елементи наукової новизни і має теоретичне та практичне значення.

Отримані результати досліджень визначають вирішення науково-прикладної проблеми створення теоретичних основ підвищення ефективності роботи посівних машин методом застосування пневматичних висівних пристроїв дискретної дії, із забезпеченням автоматизованого керування процесом висіву на основі мехатронної управляючої системи. Важливим у науковому відношенні є встановлення системоутворюючих закономірностей щодо критеріїв оцінки ефективності конструкцій та застосування технічних засобів механізації сільського господарства. Практичне значення отриманих результатів полягає у дослідженні та розробці технології висіву зернових культур висівними пристроями з елементами пневмоніки.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна. Ґрунтуючись на аналізі розвитку та роботи сівалок здобувачем було систематизовано тенденції в дослідженнях та застосуванні посівних машин, що дозволило визначити мету, об'єкт, предмет і поставити завдання дослідження для підвищення ефективності роботи зернових сівалок. Аналіз проблеми та підходів до її вирішення проведений з технологічної, математичної та інформаційної позицій, а також із застосуванням системного підходу. Методологічним підґрунтям вирішення проблеми підвищення ефективності роботи зернових сівалок є застосування пневматичних висівних пристроїв дискретної дії на основі елементів пневмоніки. Результати експериментальних і теоретичних досліджень доповідались та обговорювались як на вітчизняних, так і на зарубіжних міжнародних науково-технічних конференціях. Основні результати роботи опубліковані в статтях у фахових вітчизняних і зарубіжних виданнях. Про достовірність отриманих результатів свідчить достатньо високий ступінь відповідності результатів теоретичних розрахунків експериментальним даним, одержаними з використанням сучасних перевірених методик досліджень, а також їх відповідність науково-технічним джерелам інформації та даним інших дослідників.

Оцінка новизни досліджень і результатів роботи. Наукова новизна одержаних результатів полягає у розв'язанні проблеми, обґрунтуванні та подальшому розвитку наукових основ підвищення ефективності конструкцій і роботи зернових сівалок на основі методології системного підходу та його методів, що дозволило встановити системоутворюючі закономірності оцінки ефективності застосування сільськогосподарської техніки. При цьому вперше встановлено тенденцію всеполюного напрямку розвитку висівних апаратів і систем посівних машин, що дозволило обґрунтувати раціональність рішення по вибору пневматичної висівної системи дискретної дії; запропонована мехатронна концепція автоматизації роботи висівних пристроїв та встановлена необхідність підвищення показника функціонально-структурної інтеграції засобів автоматизації, що можливо на основі розробки та застосовування мехатронних модулів управління процесом висіву, в

яких максимум функціональних перетворень зосереджений в єдиному структурному елементі, а розподіл функціонального навантаження в системі автоматизації при цьому є більш рівномірним; запропоновано та обгрунтовано комплексний критерій оцінки ефективності конструкцій і роботи зернових сівалок, що враховує витрати енергії і продуктивність, та узагальнено його для оцінки ефективності застосування інших видів сільськогосподарської техніки.

Повнота викладу наукових положень дисертації в опублікованих роботах. Основні результати дисертації представлені у 55 наукових працях, зокрема, в 1 монографії, 32 статтях в наукових фахових виданнях України, 5 статтях у закордонних періодичних виданнях, 10 публікаціях тез доповідей на наукових конференціях, 7 патентах України на корисну модель. В опублікованих працях повністю викладено основні положення дисертаційної роботи, а саме: розроблені наукові основи підвищення ефективності конструкцій і робочого процесу зернових сівалок; проведено енергетичну та технологічну оцінку показників роботи висівних пристроїв зернових сівалок; запропоновано напрями подальшого вдосконалення та нові конструкції висівних пристроїв з елементами пневмоніки; встановлено темпоральну залежність динаміки значень питомого тягового опору зернових сівалок; проведені експериментальні дослідження силових струминних елементів; розглянуті умови роботи елементів пневмоніки на посівній техніці; визначено ККД висівних систем; обгрунтовані конструктивно-компонувальні схеми висівних пристроїв з елементами пневмоніки; визначені енергетичні витрати при роботі висівних систем; розроблено програмне забезпечення для еволюційних обчислень; визначено порівняльні критерії ефективності варіантів посівних агрегатів; запропоновано принципову структурну схему реалізації поточно-програмного регулювання норм висіву; обгрунтовано вибір програмно-апаратних засобів диференційованого дозування технологічних матеріалів; визначені показники функціонально-структурної інтеграції в засобах автоматизації процесу висіву; встановлена тенденція всього напрямку розвитку висівних пристроїв; визначено уточнені геометричні характеристики силових струминних елементів.

Мова і стиль викладу матеріалу дисертації. Представлена дисертаційна робота Панкова Андрія Олександровича написана українською мовою, розділи взаємопов'язані, логічно і повністю розкривають поставлену мету. Дисертація є цілісною і завершеною роботою, яка містить нові наукові результати.

Структура і зміст дисертації. Дисертація складається з вступу, шести розділів, висновків, переліку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи складає 456 сторінок, у тому числі основного тексту – 300 сторінок. Дисертація містить 37 таблиць, 135 рисунків і 11 додатків.

У вступі обумовлена актуальність проблеми підвищення ефективності роботи зернових сівалок. Встановлено, що подолати об'єктивно виникаючі причини зниження ефективності роботи посівних машин, можливо на основі дослідження, пошуку та розробки нових механіко-технологічних принципів дії висівних пристроїв і конструктивно-компонувальних схем зернових сівалок. Показано, що створення наукових основ підвищення ефективності роботи зернових сівалок

дослідженням і розробкою нових технічних рішень із застосуванням пневматичних висівних пристроїв дискретної дії є безумовно актуальним.

У першому розділі встановлено, що в даний час сімба виконується недосконалими посівними машинами, а технологія посіву такими сівалками не відповідає багатьом сучасним вимогам. Показано, що матеріаломісткість зернових сівалок має тенденцію до підвищення через зростання ширини захвату, що тягне за собою непропорційне підвищення тягового опору, а енергоємність роботи зернових сівалок перевищує рекомендовану, що пояснюється екстенсивним шляхом виробництва та експлуатації технічних засобів. Виявлено, що в даний час набуває значимість розробка критеріїв, що дають визначення якому напрямку відповідають поновлювані і новостворювані машини: екстенсивному чи інтенсивному. Встановлена необхідність пошуку і вдосконалення нових видів висівних пристроїв з іншими принципами роботи. Показано, що одним із напрямків підвищення ефективності технологічного процесу висіву є його принципова структурна зміна на основі застосування дискретного принципу дії пневматичних висівних пристроїв, пов'язаних гнучкою дискретною синхронізацією з переміщенням посівної машини. Обґрунтовано, що дискретний принцип дії висівних апаратів і систем дозволяє більш легко і ефективно здійснювати автоматизацію робочого процесу.

До зауважень першого розділу слід віднести обмежену інформацію розвитку зернових сівалок з застосуванням пневматичних висівних пристроїв за кордоном.

У другому розділі підтверджено гіпотезу теоретичних досліджень. Встановлено, що динаміка значень показників ефективності зернових сівалок описується S-подібною функцією і має межу насичення. Виявлено, що причиною зниження ефективності зернових сівалок є непропорційно зростаючий тяговий опір внаслідок зростання матеріаломісткості. Обґрунтовано та узагальнено критерій ефективності застосування зернових сівалок, або співвідношення витрат енергії, виражених питомим тяговим опором, до показника питомої продуктивності. Виявлено, що більшість існуючих технічних засобів автоматизації і управління нормою висіву є структурно надлишковими, з негативним показником функціонально-структурної інтеграції. Обґрунтовано, що подолання виникаючих труднощів можливе на основі мехатронного підходу до реалізації технічних засобів автоматизації. Встановлено, що при описі взаємодії струменя робочого тіла з прийнятною частиною силового струминного елемента необхідне імітаційне моделювання, у зв'язку з тим, що тут виникають складні вторинні течії у вигляді зворотних потоків, які пов'язані з нерівномірністю розподілу швидкостей в струмені. Показано, що оптимальним є поєднання роздільно-агрегатної компоновальної схеми групового висіву з малою матеріаломісткістю, із пневматичною висівною системою вепольної дискретної дії на основі елементів пневмоніки.

До зауважень другого розділу слід віднести те, що бажано було б привести дані при яких значеннях тягового опору та продуктивності запропонований критерій ефективності приймає оптимальне значення для висівних апаратів з пневматичними централізованими висівними системами.

У третьому розділі запропонована методологія експериментальних досліджень та визначення енергетичної і техніко-економічної ефективності роботи зернових сівалок, висівних апаратів і систем. Складено структурну послідовність її реалізації. Обґрунтовано методи і методики експериментальних досліджень. Встановлено, що при оцінці результатів досліджень необхідно ґрунтуватися на визначенні показників енергетичної ефективності висівних апаратів і систем, а також на визначенні ефективності досліджень за показником мінімуму приведених витрат у різних варіантах посівних агрегатів на основі енергетичних еквівалентів.

У четвертому розділі показано, що створення надійних, простих в обслуговуванні і недорогих пристроїв для висіву зернових культур можливе на основі елементів пневмоніки. Встановлено, що для автоматизації робочого процесу зернових сівалок необхідні відносно прості по конструкції й універсальні технічні засоби на основі мехатронного підходу, сутність якого полягає в об'єднанні елементів і окремих складових будь-якої системи в інтегровані модулі на етапах розробки, уникаючи «проблеми інтерфейсів». Обґрунтовано, що реалізацію програмно-апаратної платформи регулювання норми висіву при мехатронному підході необхідно здійснювати на базі платформи Arduino.

До зауважень третього і четвертого розділу слід віднести відсутність досліджень з питань пошкодження і травмування насіння високошвидкісними пневматичними висівними системами.

У п'ятому розділі виявлено, що геометричні характеристики силового струминного елемента, розраховані теоретично або обрані відповідно до рекомендацій для управляючих елементів пневмоніки, не дозволяють забезпечити якісну роботу силового елемента. Тому необхідно брати до уваги гідродинамічну подібність і масштабні фактори, які встановлюються шляхом імітаційного моделювання, на основі якого отримана картина перемикавання струменя в силових струминних елементах. Встановлено, що робота запропонованих пневматичних дискретних висівних струминних апаратів і систем відповідає агротехнічним вимогам. Показано, що досліджуване сімейство запропонованих дискретних висівних пристроїв з елементами пневмоніки має ідентичні характеристики поздовжнього розподілу посівного матеріалу, що обумовлено принципом дії таких пристроїв.

До зауважень п'ятого розділу слід віднести те, що при встановленні герметичних характеристик силового струменного елемента бажано було б здійснити натуральний експеримент.

У шостому розділі встановлено, що відносно простий процес роботи існуючих висівних апаратів і систем, особливо пневматичних централізованих, вимагає значних витрат енергії. Виявлено, що значення потужності, необхідної для здійснення операцій процесу висіву, можуть бути набагато менше. Показана раціональність поєднання роздільно-агрегатної компоновальної схеми групового висіву із пневматичними висівними апаратами та системами дискретної дії на основі елементів пневмоніки. Це дозволяє підвищити ефективність використання зернових сівалок та проведення посівних робіт, а також економити експлуатаційні і приведені витрати у порівнянні з іншими варіантами посівних машин, висівних

апаратів і систем. Запропоновано рекомендації виробнику і споживачеві.

До зауважень шостого розділу слід віднести те, що при експлуатаційно-технологічній оцінці посівних агрегатів бажано було б навести аналіз приведених витрат у грошовому еквіваленті.

Основні наукові положення і висновки дисертації.

В представленій дисертаційній роботі вирішено науково-прикладну проблему підвищення ефективності роботи зернових сіялок на основі дослідження, розробки та застосування пневматичних висівних апаратів і систем дискретної дії із забезпеченням автоматизованого управління їх робочим процесом.

Перший висновок зроблено щодо аналізу науково-прикладної проблеми оцінки та підвищення ефективності роботи зернових сіялок, які визначаються системою комплексів показників ефективності, що складається з чотирьох взаємопов'язаних підсистем. Показано, що загальною методологічною основою при розробці та прийнятті найбільш раціональних рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи зернових сіялок є системний підхід та його методи.

У другому висновку встановлено, що закономірність зміни динаміки показників ефективності зернових сіялок з традиційними висівними системами в даний час можна описати S-подібною функцією. Виявлено, що швидкість руху і продуктивність, які визначають інтенсивний характер розвитку зернових сіялок, досягають насичення в певний момент часу, а ширина захвату, маса і матеріалосміність, що визначають екстенсивний характер розвитку зернових сіялок, мають тенденцію до безперервного зростання з непропорційним підвищенням витрат і зниженням ефективності їх застосування.

У третьому висновку показано тенденцію вспольного напрямку розвитку висівних пристроїв зернових сіялок та з'ясовано, що у вспольних системах розвиток йде у напрямку переходу від аналогових механічних впливів до дискретних імпульсних і електромагнітних впливів, що дозволило обґрунтувати рішення щодо створення пневматичних висівних пристроїв дискретної дії, які дають можливість зменшити енергосміність роботи і більш ефективно здійснювати автоматизацію.

У четвертому висновку обґрунтовано комплексний критерій ефективності, як співвідношення витрат енергії, виражених тяговим опором, до продуктивності, що показує доцільність підвищення швидкості роботи зернових сіялок. При цьому конструктивно-технологічні рішення, закладені у посівних машинах, можуть порівнюватися на основі запропонованого критерію. Показано, що даний критерій можна використати і для оцінки ефективності застосування інших видів сільськогосподарської техніки та технічних рішень у засобах механізації.

У п'ятому висновку визначено показник функціонально-структурної інтеграції запропонованих технічних засобів автоматизації, який є позитивним, на відміну від існуючих засобів, що досягається на основі розробки і застосування мехатронних модулів, де максимум функціональних перетворень зосереджено в єдиному структурному елементі. Виявлено, що у структурній моделі управління з мехатронним модулем розподіл функціонального навантаження є рівномірним, на

відміну від існуючих структурних моделей. Показано, що реалізацію програмно-апаратної платформи засобів автоматизації при мехатронному підході необхідно здійснювати на базі платформи Arduino. Це дозволяє більш ефективно реалізувати автоматизацію і інформатизацію робочого процесу зернових сівалок.

У шостому висновку на підставі теоретичних досліджень передачі механічної енергії плоскими струменями обґрунтовано, що при описі взаємодії струменя робочого тіла з приймальною частиною силового струминного елемента необхідне імітаційне моделювання, у зв'язку з виникненням складних вторинних течій у вигляді зворотних потоків. Ці течії істотно впливають на витрату і тиск в приймальному каналі струминного елемента.

У сьомому висновку показано, що картина перемикання струменя в силових струминних елементах, при моделюванні в програмному середовищі ANSYS Fluent, відрізняється від загальноприйнятої картини перемикання, яка існувала раніше і була отримана емпіричним шляхом. Отримані дані дають більш повну та наочну картину процесу перемикання силового струминного елемента. На підставі імітаційного моделювання запропоновано оптимізовану конфігурацію силового струминного елемента для використання у висівних апаратах зернових сівалок.

У восьмому висновку виявлена відповідність роботи розроблених висівних пристроїв агротехнічним вимогам. Встановлено, що поздовжній розподіл насіння досліджуваними висівними пристроями має ідентичні характеристики. При цьому коефіцієнт варіації знаходиться в межах 54...84% для різних видів насіння і конструкцій висівних пристроїв.

У дев'ятому висновку визначено, що показник технічного рівня механічних котушкових апаратів складає 2,62, електромагнітних вібродискретних – 11,4, апаратів з елементами пневмоніки – 4,10, а для пневматичних централізованих висівних систем даний показник є мінімальним і становить 0,38. Запропонований критерій ефективності роботи посівних машин з котушковими апаратами дорівнює 2,29, з електромагнітними вібродискретними – 2,30, з пневматичними централізованими висівними системами (ІПЦВС) – 2,22, з висівними апаратами на основі елементів пневмоніки – 2,0. Споживана потужність висівних пристроїв при ширині захвату сівалки 6 м складає для котушкових апаратів – 700 Вт, для ІПЦВС – 8460 Вт, для електромагнітних вібродискретних – 250 Вт, для апаратів з елементами пневмоніки – 380 Вт.

У десятому висновку показано, що конструктивне виконання зернової сівалки з роздільно-агрегатною компоновальною схемою групового висіву і пневматичною дискретною висівною системою на основі елементів пневмоніки дозволяє зменшити матеріалосмість конструкцій, знизити тяговий опір і енергоємність роботи сівалок, а також економити експлуатаційні і приведені витрати до 16% у порівнянні з іншими варіантами посівних машин, висівних апаратів і систем.

Недоліки та зауваження до роботи.

1. На наш погляд, більш доцільно використовувати вираз «технологічний опір» сільськогосподарської машини, так як тяговий опір є складовою технологічного опору.

2. В роботі слід було розширити аналіз сучасного рівня розвитку технологій вирощування зернових культур (п.п. 1.5.1) і особливо за кордоном.

3. Крім аналізу висівних пристроїв, бажано було також здійснити аналіз роботи розподільовачів насіння централізованих висівних систем, а також аналіз роботи не тільки котушкових, але і інших механічних висівних апаратів (розділ I).

4. Для полегшення сприйняття бажано було розділити рис. 2.6 на декілька рисунків.

5. Бажано було з'ясувати, при яких значеннях тягового опору та продуктивності запропонований критерій ефективності приймає оптимальне значення для ІПЦВС (рис. 2.18), як це було зроблено для сівалок з механічними висівними апаратами (рис. 2.17).

6. Таблиці 2.8, 2.9 можливо було розмістити у додатках.

7. В п. 2.16 необхідно було зіставити максимальну продуктивність висівного пристрою і насіннєспроводу, щоб уникнути забивання насіннєспроводу, що іноді має місце в централізованих висівних системах.

8. При встановленні геометричних характеристик силового струминного елемента бажано було здійснити натурний експеримент зі струминним елементом відомими методами гідроасромеханіки, а потім порівняти отримані значення з результатами імітаційного моделювання (п. 5.3).

9. Також бажано було здійснити імітаційне моделювання роботи не тільки силового струминного елемента, але й елемента-ежектора.

10. Незрозуміло, чому на графіку (рис. 5.13) оптимальні параметри витрати повітря і споживаної потужності відповідають тиску живлення 10 кПа, а робочий тиск живлення при дослідженнях висівних пристроїв прийнятий у розмірі 7...8 кПа.

11. При статистичній оцінці результатів досліджень поздовжнього розподілу насіння (п.п. 5.6.2, рис.5.26, 5.27) бажано було встановити закон розподілення інтервалів з насінням розподілення Пуассона, нормальне, тощо.

12. При експлуатаційно-технологічній оцінці посівних агрегатів для кращого сприйняття бажано було навести аналіз приведених витрат у грошовому еквіваленті (п. 6.4).

Висновок по дисертації Панкова Андрія Олександровича. Дисертаційна робота Панкова Андрія Олександровича "Наукові основи підвищення ефективності роботи зернових сівалок застосуванням пневматичних висівних пристроїв дискретної дії" є завершеним науковим дослідженням. Тема, зміст дисертації і автореферату відповідають паспорту спеціальності 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. За актуальністю і науковою новизною, обґрунтованістю наукових положень, практичних результатів, ступенем апробації результатів дослідження на конференціях і в фаховій літературі представлена дисертаційна робота повністю відповідає існуючим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук і п. 9, 10, 13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567 (зі змінами), та всім вимогам МОН України до

докторських дисертацій, а її автор, **Панков Андрій Олександрович**, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
Заслужений винахідник України
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя,
професор кафедри
автомобілів

Б.М. Гевко

Підпис офіційного опонента
д.т.н., проф. Гевка Б.М.
Засвідчую
Проректор з наукової роботи
д.т.н., проф.



Р.М. Рогатинський