

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора Черенкова Олександра Даниловича на дисертаційну роботу Новікова Геннадія Володимировича "Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи електротехнологічного комплексу аерозольної обробки насіння зернових", подану в спеціалізовану вчену раду Д 18.819.01 при Таврійському державному агротехнологічному університеті на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Актуальність теми досліджень

Аналіз розвитку рільництва показує, що одним з визначальних факторів стабілізації його ефективності залишається висока технологічна дисципліна. При цьому, недосконалість технологій і технічних засобів хімічного захисту рослин від шкідників і хвороб, а також недотримання інших агротехнічних і технологічних вимог, призводять до надлишкового змісту пестицидів у ґрунті, забруднення водоймищ і ґрунтових вод, гнобленню життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, знищенню корисної мікрофлори.

У свою чергу метою інкрустації насіння є захист молодих сходів рослини в цілому від бактеріальних збудників, грибних і вірусних захворювань, забезпечення стартовою дозою мікро- і макроелементів для подальшого розвитку й забезпечення необхідної врожайності. У контексті сказаного вище, слід розглянути симбіоз використання сучасних препаратів стимулювання й захисту насінневого матеріалу й електротехнологій. Потрібні нові технології й устаткування, побудоване на нових раціональних принципах і які б вигідно відрізнялися від існуючих пристроїв, що дозволить забезпечити рівномірність хімічної обробки й знизити витрату препаратів.

У цих умовах зростає актуальність двох проблем: вибір принципів схем засобів хімічного захисту рослин; створення екологічно безпечного обприскувача, здатного значно знизити забруднення біосфери. Останню проблему нами пропонується вирішувати за рахунок інкрустації насіння зернових у полі електризованого аерозолі.

Крім того, про актуальність теми наукових досліджень дисертанта свідчить її зв'язок з відповідними цільовими програмами та координаційними планами Міністерства аграрної політики та продовольства України за темами науково-технічної програми Таврійського державного агротехнологічного університету на 2016-2020 роки "Автоматизація електротехнічних систем в АПК" (№ДР0116U002728): підпрограма "Обґрунтування параметрів та режимів робо-

ти передпосівної обробки зерна у хмарі електроаерозолі".

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані в дисертації

Дисертаційна робота за своєю структурою відповідає вимогам МОН України, побудована за логічною послідовністю подання наукового матеріалу, а саме: наведено аналіз останніх науково-технічних досягнень, теоретичні дослідження щодо обґрунтування параметрів та режимів роботи електротехнологічного комплексу аерозольної обробки насіння зернових та їх експериментальна перевірка, методика проведення досліджень. Економічна оцінка ефективності впровадження результатів роботи у виробництво..

Текст дисертаційної роботи складається з вступу, переліку умовних позначень, 5 основних розділів, додатків, списку використаних джерел (143 найменування). Загальний обсяг роботи становить 185 сторінок, з яких 130 сторінки основного тексту, 23 рисунки та 14 таблиць.

У вступі висвітлено актуальність теми дисертаційних досліджень, їх зв'язок з державними і галузевими програмами і планами науково-дослідних робіт, сформульована мета, перелічені завдання досліджень, показана наукова новизна і практична значимість отриманих результатів.

Сформульована науково – прикладна задача підвищення якості передпосівної обробки насіння зернових за допомогою протруйників хімічними розчинами шляхом обробки електризованого насіння у хмарі електроаерозолі.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, її новизну та практичне значення, а також показано зв'язок роботи з науковими програмами, темами, сформульовано мету та завдання досліджень, викладена наукова новизна, практична цінність отриманих результатів.

У першому розділі "Стан та перспективи впровадження електроаерозолів у сільськогосподарському виробництві" проаналізовано роль аерозолів у рослинництві та наведені методи передпосівної обробки насіннєвого матеріалу. Більш детально приділено увагу можливостям і перспективам використання електроаерозолів у сільському господарстві. В результаті аналізу методів захисту рослин акцентовано увагу на розпилені аерозолів хімічних препаратів, як найбільш розповсюдженого при передпосівній обробці насіння зернових. Не дивлячись на простоту технологічного процесу, його реалізація пов'язана з вирішенням цілого ряду завдань наукового та практичного характеру..

Виконано аналіз існуючого технологічного обладнання для протруювання насінневого матеріалу зернових. Визначені позитивні і негативні сторони існуючих протруєчних пристроїв. Враховуючи це, запропоновано електротехнологічний комплекс, який забезпечує мінімальне пошкодження насіння та можливість його аерозольної обробки. Для підвищення якості обробки розглянуті методи інтенсифікації осадження аерозолів робочих розчинів на насінні зерна, але при цьому визначено, що загальних теоретичних положень, які б описували процеси взаємодії електроаерозолів протруюючих рідин та насіння зернових при вільному падінні останніх у робочому просторі камери протруювання, як єдиного процесу, у повній мірі не розроблено.

У другому розділі "Математичне моделювання осадження електроаерозолу на насінневий матеріал" розглянуті задачі розробки математичного апарату взаємодії насінневого матеріалу та хмари електризованого аерозолу та здійснено обґрунтування технологічних параметрів електротехнологічного комплексу передпосівної обробки насіння зернових у хмарі електризованого аерозолу.

В результаті аналізу фізичних явищ та процесу взаємодії електризованих насіння зернових та аерозолу, визначені умови найбільш інтенсивного протікання даного процесу, що дозволило провести обґрунтування висоти робочої камери при різних умовах експлуатації та режимах роботи електротехнологічного комплексу.

Представлений математичний апарат дозволив обґрунтувати режими роботи протруювача зернового матеріалу. При дослідженні динамічних систем використовувався математичний апарат Марківських процесів, що надало можливість розглянути різні варіанти взаємодії зерна і крапель аерозолу: зерно подається у робочий простір аерозольної обробки зерна, після чого подаються частинки аерозолу; випадку обидві сторони подаються у робочу камеру одночасно.

На основі дискретних Марківських процесів запропонована модель двостороннього аналізу технологічного процесу обробки зернових аерозолями хімічних розчинів і стало можливим обґрунтування попередньої подачі компонентів сторін на початку технологічного процесу, для формалізації перехідних процесів.

Проведене математичне моделювання дозволило обґрунтувати режими роботи електротехнічного комплексу та системи керування ним, а також надало уявлення про перехідні процеси. Крім того це дало можливість визначити режими роботи при коливанні технологічних параметрів (подачі зерна і аерозолу, та з зміни їх параметри), а також оцінити їх вплив на якість технологічного процесу.

У третьому розділі "Експериментальні дослідження електроаерозольних систем" був запропонований експериментальний електротехнологічний комплекс на базі модернізованого барабанного відцентрового сепаратора БЦС на

технологічної платформи ЗАВ.

В ході експериментів були вирішені задачі обґрунтування критерію оцінки якості роботи протруйника, а також проведені лабораторні та виробничі дослідження запропонованого електротехнологічного комплексу. Лабораторний стенд складається з робочої камери, оприскувача з пристроєм заряду аерозолю, помножувач напруги та кіловольтметру.

Для удосконалення оцінки якості обробки насіння запропоновано використовувати люмінесцентний маркер, збудником якого є ультрафіолетове опромінення, пристрій візуального контролю та розроблене програмне забезпечення для визначення якості протруювання матеріалу. При застосуванні комп'ютерної техніки стало можливим використати апаратний спосіб оцінки насінневого матеріалу, з мінімізацією впливу людського фактору.

Дослідження проводились на базі ПП "АСКОН" (с.м.т. Якимівка, Запорізька обл.). Подача насінневого матеріалу дорівнювала 0,1 кг/с; концентрація маркеру – 40 мл/л (робоча рідина – вода); подача робочого розчину – 6 л/год, а напруга заряду аерозолю – 0 – 10 кВ.

Для одержання параметрів кольорового зображення; отримання графіків дискретного ряду розподілу відтінків кожного кольору; експорт даних було розроблено програмне забезпечення, основною задачею якого є визначення надійних режимів роботи оприскувача на основі даних про розподіл відтінків основних кольорів RGB-моделей. Для цього використовувалася загальна теорема "великих чисел". Для ймовірності події $P=0,95$ та припустимої помилки $\varepsilon=0,05$, рекомендована кількість сканованих зерен дорівнюватиме 384.

З графічного представлення емпіричних даних можна побачити, що характер зв'язку є складним, а отримані розподіли можна характеризувати як за статистичними показниками, які характеризують весь розподіл, так і за окремими ділянками.

Аналіз статистичних показників розподілів не дозволяє виокремити основний колір та відзначити його як основний інформативний показник, тому був проаналізовано кожний відтінок, та за допомогою коефіцієнта лінійної кореляції прийняти рішення про його інформативність. В результаті розрахунків червоний колір не мав відтінків, які мають коефіцієнт кореляції більше $r_{xy}=|0,8|$. В свою чергу, зелений та синій кольори, мають достатньо велику кількість ділянок відтінків, для яких більше $r_{xy}>|0,9|$.

Для дослідження технологічного процесу обробки насіння у хмарі електризованого аерозолю використано багатофакторний експеримент з трьома фак-

торами: напруга заряду аерозолю та зерна; концентрація маркеру; подача зернового матеріалу. У якості функції відгуку представлено номер відтінку, який відповідає координаті вершини апроксимуючої параболи. За отриманим рівнянням регресії побудовано графік функції за трьома змінними, який вказує на складний нелінійний зв'язок між параметрами, що обумовлено взаємодією між електричними зарядами часток різної форми і який визначає, що в діапазоні продуктивності 0,1...0,2 кг/с насіння та зміни напруги заряду аерозолю та насіння від 7,5 кВ до 9,5 кВ доцільно використовувати концентрацію маркеру до 70 мл/л.

Сталий режим роботи технологічного процесу обробки електризованого насіння зернових у хмарі електризованого аерозолю та стійку роботи системи керування можливо забезпечити при загальній різниці потенціалів 7-8 кВ, що буде найменш чутливим при коливанні продуктивності подачі насіння.

У **четвертому розділі** "Виробничі випробування" проаналізовано технологічний процес, як об'єкт автоматизації. Визначені параметри, які підлягають контролю, реєстрації та регулюванню.

Розроблена структурно-функціональна схема електротехнологічного комплексу аерозольної обробки зерна, яка враховує взаємодію функціональних блоків, що містить три контури керування. Перший з них відображає формування керованого потоку зерна з подальшою його зарядкою високою напругою; другий контур реалізує формування високої напруги різних знаків для зарядки відповідно зерна і аерозолі і третій - відображає формування потоку рідини з подальшим утворенням аерозолі та її зарядкою високою напругою зі знаком, протилежним заряду зерна пшениці.

Із допомогою складеної імітаційної моделі системи автоматичного керування були отримані перехідні процеси на різних етапах реалізації технологічного процесу.

Розрахунки показали, що система керування є стійкою. Тобто обрані технічні засоби автоматизації та отримані моделі забезпечують можливість керування технічним комплексом. Якість керування технологічним процесом визначається такими показниками: час регулювання $T_{\text{пер}}=42$ с, час досягнення першого та другого максимуму $T_{\text{max1}}=8$ с та $T_{\text{max2}}=15$ с відповідно, а декремент затухання $\Delta=0,57$.

У **п'ятому розділі** "Економічна ефективність застосування електроаерозолів при перед посівної обробці зернових" наведені джерела і розраховані основні показники економічної ефективності впровадження представленої розробки у виробництво.

Достовірність і новизна основних висновків та рекомендацій дисертаційної роботи

Наукові положення, висновки та рекомендації є результатом наукових досліджень, виконаних автором під час вирішення науково-прикладної задачі сформульованої в дисертаційній роботі.

Новизна і достовірність загальних висновків дисертації базуються на результатах теоретичних та експериментальних досліджень, проведених автором, в цілому не викликають сумнівів, в достатній мірі апробовані та опубліковані у фахових виданнях.

Результати теоретичних досліджень перевірені шляхом використання і обробки експериментальних даних, співставлення результатів та доведення адекватності моделей.

За результатами досліджень автором дисертаційної роботи сформульовано 7 основних висновків.

У першому висновку показано, що для існуючих систем протруювання через неякісну передпосівну обробку насіння зернових наряду з їх травмуванням, втрати врожаю можуть бути близько 20%. А обробка пошкодженого насіння зернових додатково знижує врожайність на 5-7 %. Тому необхідні нові підходи до цієї проблеми у ракурсі розробки електротехнологічних, працюючих на нових принципах і які б забезпечили б максимальну ефективність виробництва

У другому висновку описано запропонований електротехнологічний комплекс, який дозволяє значно знизити кількість травмованого насіння, а також реалізувати технології взаємодії заряджених протилежними зарядами насіння зернових та аерозолів.

У третьому висновку мова іде про розробку математичних моделей на основі апарату дискретних Марківських процесів, які описують процес взаємодії електроаерозольних часток та зарядженого зернового матеріалу, при вільному падінні останнього у насиченому аерозолем робочому просторі камери протруювання. Запропонована технологія дозволяє виконати моделювання повної обробки зернового матеріалу при економії до 30 % витрат протруювача у порівнянні з існуючими системами.

У четвертому висновку показані основні параметри та режими роботи системи при проведенні лабораторних досліджень. до них віднесені: продуктивності лінії, напруга заряду аерозолу та насіння та оптимальна концентрація маркерів, що дозволило досягти максимального ефекту візуалізації рівномірності покриття насіння протруювачем.

У п'ятому висновку наведено умови досягнення сталого режиму роботи технологічного процесу обробки електризованого насіння зернових у хмарі електризованого аерозолі та результати визначення параметрів стійкої роботи системи.

Шостий висновок відображає правильність вибору технічних засобів автоматизації, які забезпечують стійкий режим роботи системи керування в широкому діапазоні коливань вхідних контрольованих параметрів. Також наведені основні показники якості функціонування процесу.

У сьомому висновку констатовано, що сформульовані в дисертації наукові положення, висновки і рекомендації є обґрунтованими і достовірними при узгодженні розрахункових та експериментальними даних. Показано рівень апробації та впровадження основних матеріалів дисертації, у тому числі й у навчальний процес.

Новизна і достовірність загальних висновків дисертації базуються на результатах теоретичних та практичних досліджень, в достатній мірі апробованих у доповідях наукових конференцій і семінарів та опублікованих у фахових виданнях. У висновках викладено найбільш суттєві наукові та практичні результати, які одержані здобувачем у процесі досліджень.

Цінність отриманих результатів для науки і практики

Запропонований автором за результатами проведених досліджень науковий підхід щодо підвищення якості передпосівної обробки насіння зернових за допомогою протруйників хімічними розчинами шляхом обробки електризованого насіння у хмарі електроаерозолі дозволив:

- науково обґрунтувати концепцію функціонування електротехнологічних комплексів передпосівної обробки насіння зернових;
- реалізувати модель взаємодії електризованих різнополярними зарядами крапель аерозолі та зерна, а також отримати закономірності їх взаємодії;
- запропонувати критерій апаратної оцінки рівномірності укриття робочим розчином насіння зерна пшениці та його витрати, що на відміну від відомих методів, дозволяє автоматизувати налаштування роботи протруйника і тому покладено в основу оцінки і вибору алгоритму керування запропонованим електротехнологічним комплексом.
- на основі використання математичного апарату дискретних Марківських процесів проаналізувати ймовірнісну модель двостороннього аналізу варіантів реалізації технологічного процесу обробки зернових аерозолями хімічних розчинів у вигляді матриці стійкого стану системи;

- отримати систему автоматичного керування процесом протруювання насіння зернових, яка, на відміну від традиційної, дає змогу реалізувати стратегію керування електротехнологічним комплексом, що забезпечує досягнення максимального ефекту покриття зарядженого насіння у хмарі електроаерозолі при значній економії робочого розчину;

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що для підвищення якості передпосівної обробки зернових створено електротехнологічний комплекс, який працює на принципі взаємодії заряджених протилежними знаками аерозолі та насіння зернових культур.

Застосування цього електротехнологічного комплексу дозволяє знизити витрати робочого розчину та здійснювати протруювання у режимі ультрамалооб'ємного обприскування, а також провести апаратну оцінку якості роботи оприскувача (рівномірність) покриття робочим розчином, що надає можливість оперативне налаштування протруйника.

Запропонована конструкція пристрою для знезараження комбікормів захищена 2 патентами України на корисну модель № 102525 і № 112265. Результати розробки досліджень впроваджені і пройшли виробничу перевірку у ПП "АСКОН" (Запорізька обл., с.м.т. Якимівка), а проект технічного рішення щодо удосконаленої технологічної схеми та режимів роботи пристрою обробки заряджених високою напругою протилежної полярності насіння зернових та аерозолі переданий ДП "Гуляйпільський механічний завод"» ВАТ "Мотор-Січ" з метою їх використання при розробці нових пристроїв для знезараження насіння.

Відповідність змісту автореферату та основних положень дисертації

В авторефераті наведено всі основні положення дисертації, а його структура, об'єм та зміст відповідають встановленим вимогам МОН України.

Оцінка публікацій основних результатів дисертації

Результати наукових досліджень дисертаційної роботи у повній мірі висвітлено в 12 роботах, з яких 7 вийшли друком у в фахових наукових виданнях України, одержано 2 патенти України, та опубліковано 3 тез докладів за результатами участі у роботі науково-практичних конференцій.

Зауваження по дисертаційній роботі

1. У першому розділі дисертаційної роботи при класифікації методів захисту рослин (підрозділ 1.1.1, рис. 1.2), взагалі не наведені особливості використання механічних методів, а також не зовсім зрозуміло, чому автор відніс електроаерозольний метод захисту рослин (рис. 1.2, стор. 24) до чисто хімічних методів.

2. В другому розділі роботи (підрозділ 2.3) при моделюванні процесу обробки зернового матеріалу використовувався Марківський процес для прийняття рішення, але не вказано які з одержаних результатів є частково випадковими і які частково контрольованими.

3. У висновку 2 дисертаційної роботи, на основі дослідження процесу аерозольної обробки насіння пшениці, йдеться про підвищення рівномірності розподілу протруювача на поверхні зерен, але не наведені кількісні характеристики цих вимірів.

4. При викладенні алгоритму функціонування автоматизованого електротехнологічного комплексу аерозольної обробки насіння зернових не вказано, яким чином вводиться та обробляється інформація про якість протруювання і яка реакція системи при відхиленні цього параметру за межі допустимого.

5. В третьому розділі роботи, при аналізі розподілу відтінків основних кольорів фотографій насінневого матеріалу в ультрафіолетовому опроміненні (рис. 3.2), не зовсім зрозуміло, які залежності відносяться до різних напруг заряду насіння та аерозолю.

6. У четвертому розділі дисертації (підрозділ 4.1, рис. 4.1), не зовсім зрозуміло, де встановлено пристрій апаратної оцінки якості протруювання насінневого матеріалу, про застосування якого йдеться у підрозділі 3.1.

7. Деякі висновки викладені з використанням зайвої інформації та елементів констатації. Це стосується висновку 5, в якому приведена мета використання запропонованого методу протруювання насіння зернових, та, частково, висновків 1 та 7.

8. Не зовсім зрозуміло, чи є можливість реалізації технічного забезпечення даної комп'ютерної діагностичної системи керування на існуючих стандартних пристроях, або вони прийняті до застосування лише з перспективою їхньої розробки?

9. Доцільно було б розрахувати не тільки річний економічний ефект від застосування запропонованого комплексу протруювання насіння зернових, а й річну економію експлуатаційних витрат.

Висновок по дисертації

Дисертаційна робота Новікова Геннадій Володимировича є завершеною самостійною кваліфікаційною науковою працею, виконаною особисто здобувачем. В ній отримано обґрунтовані наукові результати, які в сукупності дозволяють вирішити актуальну науково-прикладну задачу наукового обґрунтування та розробки електротехнологічного комплексу переднісної обробки насіння зернових за допомогою протруйників хімічними розчинами шляхом обробки електризованого насіння у хмарі електроаерозолю, що має істотне значення, зокрема, для отримання якісної продукції в умовах малих господарств.

Виходячи з вищезазначеного, можна вважати, що представлена робота відповідає сучасним вимогам до кандидатських дисертацій, викладеним у п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів і приєвнення звання старшого наукового співробітника», а її автор, Новіков Геннадій Володимирович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

ОФІЦІЙНИЙ ОЦІНЕНТ:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технотроніки і
теоретичної електротехніки
Харківського національного технічного
університету сільського господарства
імені Петра Василенка

О.Д. Черенков

Підпис професора кафедри технотроніки і теоретичної електротехніки Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, доктора технічних наук, професора Черенкова О.Д., засвідчую:



Черенкова О.Д.
19/10
Професор