

## ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника Герасимчука Юрія Васильовича на дисертаційну роботу Новікова Геннадія Володимировича "Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи електротехнологічного комплексу аерозольної обробки насіння зернових", подану у 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

Використання електричної енергії є обов'язковою умовою розвитку сучасного сільського господарства. Наявний досвід показує, що сільське господарство через його залежність від природних умов потребує більш високого рівня енергоозброєності і електроозброєності ніж галузі з цілорічним ритмом. Разом з тим, із щорічно виробленої в Україні майже 200 млрд кВт·год електроенергії, на виробничі потреби сільськогосподарськими підприємствами споживається не більше 2%. Електроємність валового внутрішнього продукту України складає 0,17 кВт·год/грн, а електроємність виробленої продукції сільськогосподарськими підприємствами тільки 0,026 кВт·год/грн. При цьому, в економіці країни виробництву сільськогосподарської продукції належить вагоме місце. У цій галузі зайнято 12% основних виробничих фондів, щороку виробляється біля 15% внутрішнього валового продукту. Незначне споживання електроенергії на виробничі потреби та в декілька разів менша електроємність продукції рослинництва і тваринництва по відношенню до електроємності валового внутрішнього продукту країни вказує на недостатнє використання ефективних електротехнологій та електроустановок в виробничих процесах агропромислового виробництва і автоматизації та роботизації технологічних процесів. Тому, дисертаційна робота Новікова Г. В., яка направлена на розширення сфери ефективного використання електроенергії в виробничих процесах сільськогосподарських підприємств шляхом розроблення електротехнологічного комплексу для оброблення електризованого насіння сільськогосподарських культур у хмарі електроаерозолі протруйників, є важливою і актуальною.

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" (№ ДР 0116U002728): підпрограма "Обґрунтування параметрів та режимів роботи передпосівної обробки зерна у хмарі електроаерозолі".

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

Наукові положення, висновки та рекомендації є результатом наукових досліджень, виконаних автором під час вирішення науково-прикладної задачі підвищення якості передпосівного оброблення насіння зернових культур шляхом нанесення на електризовані зернівки електроаерозолі протруйника.

За результатами досліджень автором дисертаційної роботи сформульовано 7 основних висновків.

**Перший висновок** відображає результати аналізу існуючих технічних засобів протруювання насіння. Встановлено, що більшості з них притаманне неякісне оброблення насіння зернових культур, яке з урахуванням травмування призводить до втрат майже 20% врожаю. Оброблення робочими розчинами пошкодженого насіння зернових зменшує врожайність на 5-7 %. Зазначене потребує нового підходу до формування стратегій розроблення електротехнологічних комплексів, як складових операційної технології післязбирального і передпосівного оброблення насіння, котрі, з урахуванням наведеного, забезпечили б максимальну ефективність виробництва.

**У другому висновку** показано, що запропонований електротехнологічний комплекс дозволяє реалізувати технологію взаємодії заряджених протилежними зарядами насіння зернових та протруювачів у вигляді аерозолів і таким чином мінімізувати пошкодження насінневого матеріалу зернових, а також дозволяє мінімізувати втрату препарату, підвищити рівномірність його розподілу на насінні, що зменшує пестицидне навантаження на насіння та ґрунт. Висновок базується на результатах досліджень взаємодії електроаерозольних часток та заряджених зернівок насінневого матеріалу з використанням теорії Марківських процесів.

**У третьому висновку** зазначається, що на основі математичного апарату Марківських процесів розроблені теоретичні положення, які описують процес взаємодії електроаерозольних часток та зарядженого насінневого матеріалу, при вільному падінні останнього у насиченому аерозолем робочому просторі камери протруювання, що дозволяє виконати моделювання повної обробки насінневого матеріалу при економії витрат протруйника до 30 % у порівнянні з традиційними технологіями.

**Четвертий висновок** сформульований за результатами лабораторних досліджень процесу нанесення аерозолі на насіння пшениці. Показано, що у діапазоні подачі насіння від 0,1 кг/с до 0,2 кг/с та при зміні напруги джерела живлення електродної системи для зарядження аерозолі та насіння від 7,5 кВ до 9,5 кВ, доцільно використовувати концентрацію маркеру до 70 мл/л протруйника, при цьому ефект візуалізації рівномірності покриття насіння є максимальним.

**У п'ятому висновку** викладено результати обґрунтування технологічних параметрів та режимів роботи електротехнологічного комплексу передпосівного оброблення насіння зернових культур у хмарі електризованого аерозолі. Визначено, що сталий режим та стійка робота системи керування досягається при

різниці потенціалів між насінням і аерозолем у 7 - 8 кВ, яка забезпечує найменшу чутливість процесу оброблення від коливання продуктивності подачі насіння.

**Шостий висновок** ґрунтується на результатах досліджень системи керування електротехнологічного комплексу передпосівного оброблення насіння зернових культур у хмарі електризованого аерозолю з використанням імітаційної моделі. Визначено, що обрані технічні засоби автоматизації забезпечують стійкий режим роботи системи керування в широкому діапазоні коливань вхідних контрольованих параметрів, а якість керування технологічним процесом характеризується такими показниками: час регулювання  $T_{рег} = 42$  с, час досягнення першого та другого максимуму  $T_{max1} = 8$  с та  $T_{max2} = 15$  с відповідно, а декремент затухання  $\Delta = 0,57$ , що знаходиться у межах, допустимих для даного класу систем

**Сьомий висновок** сформульований за результатами узагальнення теоретичних і експериментальних досліджень та виробничих випробувань. Вказано на те, що сформульовані в дисертації наукові положення, висновки і рекомендації є обґрунтованими і достовірними, базуються на відповідному теоретичному аналізі, коректній постановці й розв'язанні задач, узгодженням розрахункових значень з експериментальними даними і раніше відомими з публікацій результатами, широкою апробацією основних положень і результатів на наукових конференціях, впровадженням результатів досліджень у виробництво та навчальний процес.

### **Достовірність і новизна досліджень та одержаних результатів**

Новизна і достовірність загальних висновків дисертації базуються на результатах теоретичних та експериментальних досліджень проведених автором, в цілому не викликають сумнівів, в достатній мірі апробовані у доповідях наукових конференцій і семінарів та опубліковані у фахових виданнях. Результати теоретичних досліджень перевірені шляхом використання і обробки експериментальних даних, співставлення результатів та підтвердження адекватності моделей.

Наукова новизна одержаних автором результатів полягає в тому, що:

- науково обґрунтовано концепцію функціонування електротехнологічних комплексів передпосівного оброблення насіння зернових культур, які забезпечують нанесення робочих розчинів на зернівки у хмарі аерозолю;
- реалізовано взаємодію електризованих різнополярних зарядів аерозолю і зернівок насіння з урахуванням сил електричної природи, які виникають внаслідок зарядження аерозолю та насіння пшениці;
- запропоновано критерій апаратної оцінки рівномірності нанесення робочого розчину протруйника на зернівки насіння пшениці, що дозволяє автоматизувати режим роботи протруювача та проводити оцінку і вибір алгоритму керування електротехнологічним комплексом;
- з використанням математичного апарату дискретних Марківських процесів проаналізована ймовірнісна модель двохстороннього аналізу варіантів

реалізації технологічного процесу оброблення насіння аерозолями хімічних розчинів у вигляді матриці стійкого стану системи, що дозволило узгодити конструктивно-технологічні параметри та режими подачі компонентів.

### **Значимість для науки та практики виконаної здобувачем роботи**

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що для підвищення якості передпосівного оброблення насіння зернових культур створено електротехнологічний комплекс, який забезпечує нанесення робочих розчинів на зернівки у хмарі аерозолю. Застосування такого електротехнологічного комплексу дозволяє зменшити витрати робочого розчину та проводити апаратну оцінку якості його нанесення на зернівки насіння.

Розроблено критерій апаратної оцінки рівномірності нанесення робочого розчину протруйника на зернівки насіння пшениці, що дозволяє автоматизувати режим роботи протруювача та проводити оцінку і вибір алгоритму керування електротехнологічним комплексом

Спосіб нанесення робочого розчину протруйника на насіння захищений патентом України на корисну модель № 112265. Електротехнологічний комплекс нанесення робочих розчинів на зернівки у хмарі аерозолю пройшов виробничу перевірку у ПП "АСКОН" (Запорізька обл., с.м.т. Якимівка), а результати досліджень передані ДП "Гуляйпільський механічний завод"» ВАТ "Мотор-Січ" для використання при розробленні нових засобів знезараження насіння.

### **Оцінка змісту роботи в цілому**

Дисертаційна робота за своєю структурою відповідає вимогам ВАК України, побудована з 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.

Дисертаційна робота складається з вступу, переліку умовних позначень, 5 основних розділів, додатків, списку використаних джерел (118 найменувань). 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 підготовки насіння зернових культур шляхом оброблення електризованих зернівок насіння у хмарі електроаерозолю, показано зв'язок роботи з науково – технічними програмами Таврійського державного агротехнологічного університету.

### **Зауваження до вступу:**

1. Для досягнення поставленої мети передбачено виконати дев'ять задач теоретичних та експериментальних досліджень, разом з тим, кількість сформульованих за результатами проведених досліджень висновків – сім, що вказує на необхідність скорочення кількості задач досліджень шляхом їх об'єднання. Було б доцільно об'єднати першу і другу задачі досліджень та сьому і дев'яту.

2. Неправильно вживаються терміни “протруювач” і “протруйник”. Протруювач – це технічний засіб для нанесення робочої рідини (протруйника) на насіння сільськогосподарських культур.

**У першому розділі** «Стан та перспективи впровадження електроаерозолів у сільськогосподарському виробництві» приведено аналіз використання аерозолів у рослинництві та проаналізовані методи передпосівного оброблення насіннєвих матеріалів. У результаті проведеного аналізу показано, що при реалізації технологічного процесу протруювання насіння аерозолями хімічного розчину, виникають складнощі дотримання такої технології через чисельні збурюючі впливи.

Здійснено аналіз існуючого технологічного обладнання для протруювання насіннєвого матеріалу зернових культур. Визначені позитивні і негативні сторони існуючих пристроїв для протруювання насіння. Для підвищення якості обробки проаналізовані методи інтенсифікації осадження аерозолів розчинів на насінні. Вказано на те, що теоретичні положення, які описують взаємодію електроаерозольних часток, та насіннєвого матеріалу при вільному падінні у робочому просторі камери протруювання, у даний час не розроблені.

### **Зауваження до першого розділу:**

1. Назва розділу не узгоджена з назвою дисертаційної роботи, тому що передбачає проведення досліджень які виходять за межі сформульованої мети і задач досліджень.

2. На стор. 20 за результатами аналізу протруювачів безперервної і періодичної дії автор робить висновок про те, що машини безперервної дії “характеризуються більш високою продуктивністю, але меншою рівномірністю нанесення препарату на насіння”. Разом з тим, згідно додатку на стор. 140 протруювач безперервної дії ПНУ-10 має такі показники: повнота протруювання – не менше 95%; нерівномірність протруювання – не більше 5%; пошкодження – відсутнє, що характерно для протруювачів періодичної дії навіть зарубіжного виробництва і суперечить висновку автора.

3. Інформація, яка приведена в підрозділі 1.1.1 “Аналіз методів передпосівної обробки насіннєвого матеріалу” не відповідає його назві.

**У другому розділі** «Математичне моделювання осадження електроаерозолу на насіннєвий матеріал» розглянуто проблему моделювання осадження електроаерозолу на насіннєвий матеріал, а також задачі мотивації математичного апарату взаємодії насіннєвого матеріалу та хмари електризованого аерозолу з наступним обґрунтуванням технологічних параметрів електротехнологічного комплексу.

За визначеними значеннями граничного заряду насіння пшениці еліпсоїдної і сферичної форми та краплин аерозолі, отримані вхідні дані для моделювання їх взаємодії. У результаті розгляду фізичних явищ та процесу осадження електризованого аерозолі, визначені умови найбільш інтенсивного осадження аерозолі в електростатичному полі, що дозволило провести обґрунтування геометричних розмірів робочої камери для різних умов експлуатації та режимів роботи електротехнологічного комплексу.

Представлений математичний апарат дозволив обґрунтувати режими роботи порційного протруювача зернового матеріалу, який знаходиться у режимі спокою. При дослідженні динамічних систем використовувався математичний апарат Марківських процесів, що надало можливість розглянути різні варіанти взаємодії зернівок і крапель аерозолі: насіння подається у робочий простір аерозольної обробки, після чого подаються частинки аерозолі; обидві сторони подаються у робочу камеру одночасно; подається аерозоль, а потім насіння. В результаті запропонована модель двостороннього аналізу технологічного процесу обробки зернових аерозолями хімічних розчинів, що надало можливість обґрунтувати систему подачі компонентів та формалізацію перехідних процесів.

Проведене математичне моделювання необхідне для обґрунтування режимів роботи електротехнічного комплексу та системи керування ним, а також для визначення режимів роботи при зміні технологічних параметрів (подачі насіння, параметрів зернівок, подачі аерозолі та його параметрів) та їх вплив на якість технологічного процесу.

#### **Зауваження до другого розділу:**

1. Інформація, яка приведена на стор. 43 і 44 дисертації не відповідає назві підрозділу 2.1 “Фізичні основи моделювання обробки зернового матеріалу у хмарі електризованого аерозолі”.

2. “Тіло із зарядом, що наближається до нуля” – таку властивість має пробний заряд, а не точковий (стор. 46, формула 2.2).

3. В розшифровках формули (2.1) дисертації і формули (1) автореферату розмірності константи  $k_l$  і діелектричної сталої вакууму  $\epsilon_0$  однакові, що є неправильним.

4. Заряд зернівки насіння  $q_u$ , який повинен мати розмірність,  $Kл$ , згідно формули (2) автореферату має розмірність,  $Kл \cdot м / В$ , а згідно формули (3) автореферату,  $Kл / В$ .

**У третьому розділі** “Експериментальне дослідження електротехнологічного комплексу аерозольної обробки насіння зернових” приведені результати експериментів по обґрунтуванню критерію оцінки якості нанесення робочих розчинів на зернівки насіння у хмарі аерозолі та експериментальні дослідження запропонованого електротехнологічного комплексу аерозольного оброблення насіння з використанням відповідного лабораторного стенду, який складається з робочої камери, розпилювача з пристроєм заряду аерозолі, помножувача напруги та вимірювача високої напруги.

Для оцінки якості обробки насіння запропоновано використовувати люмінесцентний маркер, збудником якого є ультрафіолетове опромінення, пристрій візуального контролю та розроблене програмне забезпечення при визначенні параметрів насінневого матеріалу. В результаті застосування комп'ютерної техніки стало можливим використання апаратного способу оцінки якості обробки насінневого матеріалу з мінімізацією впливу людського фактору.

При проведенні дослідів використовувався насінневий матеріал з ПП "АСКОН" (с.м.т. Якимівка Запорізької обл.). Проби поділялися на групи за величиною заряду аерозолу робочого розчину, який подавався з однаковою витратою. 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 аерозолу – 0 – 10кВ.

Для одержання параметрів кольорового зображення, отримання графіків дискретного ряду розподілу відтінків кожного кольору та експорту даних, було розроблено програмне забезпечення. Програмне забезпечення вирішувало задачу визначення надійних режимів роботи розпилювача за результатами розподілу відтінків основних кольорів RGB-моделей. Для цього використані положення загальної теореми "великих чисел". Визначено, що для ймовірності події  $P=0,95$  та припустимої помилки  $\varepsilon=0,05$ , рекомендована кількість сканованих зернівок 384 штуки.

Дослідження технологічного процесу обробки насіння у хмарі електризованого аерозолу проведені з використанням багатофакторного експерименту з трьома факторами за повнофакторним планом з такими вхідними параметрами: напруга заряду аерозолу та насіння; концентрація маркеру; подача насінневого матеріалу та їх діапазони зміни. В якості функції відгуку прийнято номер відтінку, який відповідає координаті вершини апроксимуючої параболи на вісі абсцис. 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. Показано, що в діапазоні продуктивності 0,1...0,2 кг/с насіння та зміни напруги джерела живлення електродної системи для зарядження аерозолу 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 культур у хмарі електризованого аерозолу та стійку роботи системи керування можливо забезпечити при загальній різниці потенціалів 7-8 кВ, що буде найменш чутливим при коливанні продуктивності подачі насіння.

#### **Зауваження до третього розділу:**

1 При розробленні методики проведення експериментальних досліджень не приділено належної уваги існуючим методам визначення якісних показників протруювання насіння, які приведені в діючих нормативних документах СОУ 01.1-37-429:2006 "Протруювання насіння. Загальні технічні вимоги" і РД 10 10.4-89 "Випробування сільськогосподарської техніки. Машина для підготовки насіння. Програма і методика випробувань".

2 Не приведена інформація про знак заряду, який отримували зернівки

насіння і аерозоль розчину протруйника в процесі проведення експериментальних досліджень.

**У четвертому розділі** “Автоматизація електротехнологічного комплексу аерозольної обробки зерна” проаналізовано технологічний процес, як об’єкт автоматизації. Обрані пристрої регулювання і контролю та їх параметри.

Розроблена структурно-функціональна схема електротехнологічного комплексу аерозольної обробки насіння, яка враховує взаємодію функціональних блоків і містить три контури керування, перший - відображає формування керованого потоку насіння з подальшою його зарядкою в електричному полі; другий контур - реалізує формування високої напруги різних знаків для зарядки відповідно насіння і аерозолі і третій контур відображає формування потоку рідини з подальшим утворенням аерозолі та його зарядженням в електричному полі з знаком, протилежним заряду зерна пшениці.

Використовуючи імітаційну модель системи автоматичного керування були отримані перехідні процеси на різних етапах реалізації технологічного процесу.

#### **Зауваження до четвертого розділу:**

1. Автором наведені параметри доцільної концентрації маркера для прийнятого діапазону продуктивності технологічної лінії і напруги джерела живлення електродної системи для зарядження аерозолі та насіння, але не вказано, яким чином вони визначені, експериментально, чи на основі відповідних розрахунків.

2. Відсутнє обґрунтування розмірів камери протруювання насіння і не вказано з якого діелектричного матеріалу виконане її внутрішнє ізолююче покриття.

3. У висновку 6 дисертаційної роботи стверджується, що на основі комп’ютерного моделювання, визначені якісні показники функціонування об’єкту з констатацією того, що вони знаходиться у межах, допустимих значень для даного класу систем. Разом з тим не вказані діапазони цих допустимих значень і чим вони регламентовані.

**У п’ятому розділі** наведена інформація про виробничі випробування електротехнологічного комплексу електроаерозольного протруювання насіння.

#### **Зауваження до п’ятого розділу:**

1. Відсутня методика згідно якої був виконаний розрахунок економічного ефекту застосування передпосівного оброблення насіння пшениці з використанням електротехнологій.

2. Для оцінки ефективності застосування розробленого електротехнологічного комплексу була б доцільна інформація про якісні показники протруєного насіння (повнота протруювання, нерівномірність протруювання), яке висівалось на контрольних і дослідних ділянках.

Вказані зауваження не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи, в якій наведено теоретичне узагальнення та вирішення науково-прикладної задачі, що полягає в підвищенні якості передпосівної підготовки насіння зернових культур шляхом оброблення електризованого насіння у хмарі електроаерозолі розчину протруйника.



## Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації

В авторефераті наведено всі основні положення дисертації, а його структура, об'єм та зміст відповідають вимогам, які зазначені у бюлетені ДАК України №9-10.2011.

## Оцінка публікацій основних результатів дисертації

Основні результати наукових досліджень за темою дисертаційної роботи достатньо повно висвітлено в наукових фахових виданнях. Всього опубліковано 12 робіт, з яких 7 вийшли друком у в фахових наукових виданнях, одержано 2 патенти на корисну модель та опубліковано 3 тези докладів науково-практичних конференцій.

## Висновок по дисертації

Дисертаційна робота Новікова Геннадій Володимировича є завершеною самостійною кваліфікаційною науковою працею, виконаною особисто здобувачем. На підставі виконаних досліджень отримані нові науково обгрунтовані результати які в сукупності дозволяють вирішити актуальну науково-прикладну задачу наукового обгрунтування та розробки електротехнологічного комплексу передпосівного оброблення електризованого насіння зернових культур у хмарі електроаерозолі розчину протруйника.

Базуючись на вищезазначеному, можна вважати, що представлена робота відповідає сучасним вимогам до кандидатських дисертацій, викладеним у п. 10 "Порядку присудження наукових ступенів" від 24 липня 2013 року за змістом та обсягом, 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 опонент,  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник,  
завідувач відділу електрифікації та автоматизації  
агропромислового виробництва  
Національного наукового центру  
«Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства» НААН України



Герасимчук Ю. В.

20.02.2017

Підпис Герасимчука Ю. В. засвідчую:

Вчений секретар ННЦ «ІМЕСУ»



Грицишин М. І.