

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

НОВІКОВ ГЕННАДІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 681.5

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО
КОМПЛЕКСУ АЕРОЗОЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ**

05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Мелітополь – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

Діордієв Володимир Трифонович,
доктор технічних наук, професор,
Таврійський державний агротехнологічний
університет, завідувач кафедри електро-
енергетики і автоматизації

Офіційні опоненти:

Черенков Олександр Данилович,
доктор технічних наук, професор,
Харківський національний технічний
університет сільського господарства імені
Петра Василенка, професор кафедри
загальної електротехніки

Герасимчук Юрій Васильович,
кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник, Національний науковий центр
“Інститут механізації та електрифікації сіль-
ського господарства”, завідуючий відділом
електрифікації та автоматизації агропромис-
лового виробництва

Захист відбудеться «3» березня 2017 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 18.819.01 у Таврійському державному агротехнологічному університеті за адресою: 72310, м. Мелітополь, Запорізька обл., пр. Богдана Хмельницького, 18.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Таврійського державного агротехнологічного університету за адресою: 72310, м. Мелітополь, Запорізька обл., пр. Богдана Хмельницького, 18.

Автореферат та дисертація розміщені за адресою в мережі Internet <http://www.tsatu.edu.ua/nauka/specializovani-vcheni-radu/>

Автореферат розісланий «27» січня 2017 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С.О. Квітка

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Аналіз розвитку виробництва зернових 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 вмісту пестицидів у ґрунті, до забруднення водоймищ і ґрунтових вод, пригніченню життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, знищенню корисної мікрофлори. Одним з шляхів поліпшення даної ситуації є покращення передпосівної обробки насіння зернових.

Відомо, що добрива для передпосівної обробки насіння позитивно впливають на ростові та біохімічні процеси молодих проростків озимих зернових культур – пшениці, ячменю, жита, тритикале та ін. і забезпечують підвищення до 10% польової схожості, отримання істотних приростів врожаю, високу окупність добрив та збереження до 20% можливих втрат врожаю, при дотриманні агротехнічних умов під час посівної компанії. У свою чергу, не дотримання технології передпосівної обробки призводить до зараження мікотоксинами врожаю що зберігається, за різними джерелами на сьогодні це 25%-50%, та травмування насіннєвого матеріалу, що призводить до 10% зниження лабораторної схожості, як наслідок – врожайності. У контексті сказаного вище, слід розглянути симбіоз використання сучасних препаратів стимулювання й захисту насінного матеріалу та сучасних електротехнологій.

Питаннями удосконалення технологічного процесу передпосівного обробітку займалися Балянг Цю, Борисова С. М., Войтюк Д. Г., Герасимчук Ю. В., Дунський В. Ф., Кан Хі, Кирпа М. Я., Ковбаса В. П., Кравчук В. І., Маслов Г. Г., Мойсеєнко В. К., Пахомов А. І., Ратушний В. В., Судденко В. В., Тимошенко С.П. та ін. (обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів, зниження енергоємності процесу та металоємності устаткування, покращення якісних показників та ін.). Наукове обґрунтування та впровадження електротехнологій у процеси передпосівного обробітку насіння зернових в сучасних умовах довели Іноземцев Г. Б., Косуліна Н. Г., Лисиченко М. Л., Савченко В. В., Сидорук Ю. К., Синявський О. Ю., Черенков О. Д. та ін., які акцентували увагу на перспективності синтезу даного методу з іншими способами підвищення врожайності на етапі підготовки насіннєвого матеріалу. Питання використання аерозолі робочих розчинів та електротехнологій у сільському господарстві досліджували: Бородін І. Ф., Волков С. І., Глотов Є. О., Діордієв В. Т., Кітаєв А. В., Лекомцев П. Л., Нікітін С. П., Петровський О. М., Савушкін А.В. та ін. (рослинництво закритого та відкритого ґрунту, знезараження тваринницьких приміщень та складів зберігання продукції сільського господарства та ін.). У відомих роботах поверхнево відображена можливість обробки аерозолями насіннєвого матеріалу у потокових лініях.

Для передпосівного обробітку насіння зернових зростає актуальність двох проблем: вибір принципів схем засобів хімічного захисту рослин та обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи електротехнологічного комплексу аерозольної обробки насіння зернових.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано відповідно до науково-технічної програми Таврійського державного агротехнологічного університету на 2016-2020 роки «Автоматизація електротехнічних систем в АПК» (№ ДР 0116U002728): «Обґрунтування параметрів та режимів роботи передпосівної обробки зерна у хмарі електроаерозолі».

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення якості передпосівної обробки насіння зернових за допомогою протруйників хімічними розчинами в умовах господарств шляхом обробки електризованого насіння у хмарі електроаерозолі.

Досягнення поставленої мети реалізується через формулювання та розв'язання наступних задач теоретичних та експериментальних досліджень:

- аналіз технологічного обладнання для протруювання насінневого матеріалу зернових;
- аналіз критеріїв оцінки передпосівного протруювання насіння зернових;
- вивчення фізичних процесів, які відбуваються при електризації аерозолі розчинів робочих рідин та насіння зернових;
- обґрунтування математичного апарату взаємодії насінневого матеріалу та хмари електризованого аерозолі;
- обґрунтування технологічних параметрів та режимів роботи електротехнологічного комплексу передпосівної обробки насіння зернових у хмарі електризованого аерозолі;
- обґрунтування критерію оцінки якості роботи протруйника;
- експериментальне дослідження та виробниче випробування запропонованого електротехнологічного комплексу;
- формалізація системи автоматичного керування ;
- визначення техніко-економічних показників впровадження електротехнологічного комплексу передпосівної обробки насіння зернових у хмарі електризованого аерозолі.

Об'єкт дослідження – технологічний процес передпосівної обробки насіння зернових робочим розчином у протруйниках.

Предмет дослідження – взаємозв'язки та закономірності функціонування електротехнологічного комплексу аерозольної обробки насіння зернових та їх вплив на якість протруювання, ресурсозбереження і врожайність.

Методи дослідження. Для аналізу технологічного обладнання для протруювання насінневого матеріалу зернових та критеріїв оцінки якості протруювання, були використані інструменти системного аналізу (аналіз теоретичної інформації про технологію передпосівної обробки; аналіз режимів роботи діючих технологічних машин, їх переваги та недоліки; оцінка критеріїв якості та їх визначення; аналіз фізичних процесів, які протікають при створенні електрично зарядженого аерозолі та потоку насіння зернових; обґрунтування критерію оцінки якості роботи протруйника), математичного моделювання (для обґрунтування технології, технологічних та конструктивних параметрів електротехнологічного комплексу), положення теорії автоматичного керування (для формалізації системи автоматичного керування) та експериментальний метод дослі-

дження. Експериментальна перевірка теоретичних положень проводилась на лабораторному стенді та у виробничих умовах. Отримані теоретичні дані оброблялись відомими статистичними методами. Обробка результатів досліджень здійснювалась з використанням офісного пакету Microsoft Excel, Scilab та програмного забезпечення власної розробки.

Наукова новизна отриманих результатів:

вперше:

- науково-обґрунтовано концепцію функціонування електротехнологічних комплексів передпосівної обробки насіння зернових, котра, на відміну від існуючих, забезпечує протруювання насіннєвого матеріалу робочими розчинами, передбачає інкрустацію насіння зернових у хмарі аерозолі;
- реалізовано взаємодію електризованих різнополярних зарядів аерозолі і зерна та отримані закономірності їх взаємодії, що на відміну від відомих результатів досліджень, враховує електричні сили, які виникають внаслідок заряду аерозолі та зерна пшениці;
- запропоновано критерій апаратної оцінки рівномірності укриття робочим розчином насіння зерна пшениці та його витрати, що на відміну від відомих методів, дозволяє автоматизувати настроювання роботи протруйника і тому покладено в основу оцінки і вибору алгоритму керування запропонованим електротехнологічним комплексом;
- на основі використання математичного апарату дискретних Марківських процесів, проаналізована ймовірнісна модель двостороннього аналізу варіантів реалізації технологічного процесу обробки зернових аерозолями хімічних розчинів у вигляді матриці стійкого стану системи, що на відміну від існуючих систем, дозволило узгодити конструктивно-технологічні параметри та режими подачі компонентів;

отримало подальший розвиток:

- теорія автоматичного керування динамічною системою 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;
- техніка високих напруг, яка, на відміну від відомих результатів досліджень використання електроаерозолі, дозволила обґрунтувати параметри блоку живлення для створення знакополярних характеристик зарядів зерна та аерозолі.

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблена методика апаратної оцінки якості роботи оприскувача (рівномірності покриття насіння зернових робочим розчином), що може бути використана для оперативного настроювання протруйника;
- розроблений електротехнологічний комплекс, що дозволяє знизити витрати робочого розчину та здійснювати протруювання у режимі ультрамалооб'ємного обприскування;
- результати досліджень впроваджені і пройшли виробничу перевірку у ПП «АСКОН» (Запорізька обл., с.м.т. Якимівка);

– 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.

Особистий внесок здобувача. Результати, які складають основний зміст дисертації, автором отримано самостійно. В опублікованих роботах, виконаних у співавторстві, здобувачеві належать такі ідеї і розробки: проаналізовано технологічне обладнання для протруювання насіннєвого матеріалу зернових [6, 12]; виявлені їх недоліки та запропоновано конструкції технологічного комплексу з мінімальним пошкодженням насіннєвого матеріалу [3, 11, 12]; запропоновано критерій роботи протруйника [5, 8]; розроблено методику дослідження впливу електричного заряду на ефективність та якість обробки матеріалу [1]; одержано математичні моделі флуктуацій змін якості протруювання насіння зернових та виконана оцінка їх адекватності [2, 4].

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, що включені до дисертації, представлено і схвалено на науково-технічних конференціях різного рівня: науково-технічні конференції професорсько-викладацького складу аспірантів і співробітників ТДАТУ (м. Мелітополь, 2015-2016 р.); Міжнародні науково-практичні конференції «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» (ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2015 р.), «Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК» та «Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України» (ТДАТУ, м. Мелітополь, 2015 р.); міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта)» (НУБіП, м. Київ, 2016 р.)

Публікації. Основні положення та результати дисертації опубліковані в повному обсязі в 12 наукових працях, з яких 6 статей - у фахових друкованих виданнях, 1 - у фаховому електронному збірнику (входять до науково-метричних баз даних Google Scholar, РІНЦ), одержано 2 патенти на корисну модель (№102525, № 112265) та позитивне рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель від 22.09.2016 за заявкою №u 2016 08876 від 31.05.2016, а також 3 публікації (тези докладів) у збірниках праць наукових конференцій.

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

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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 і практична цінність отриманих результатів.

У першому розділі «Стан та перспективи впровадження електроаерозолів у сільськогосподарському виробництві» проаналізовано роль аерозолів у рослинництві та розглянуті методи передпосівної обробки насінневого матеріалу. Більш детально приділено увагу можливостям і перспективам використання електроаерозолів у сільському господарстві. Питання було розглянуто у контексті методів інтенсифікації осадження.

Необхідно відзначити, що у технології вирощування зерна технологічний процес протруювання може зменшити на 20% втрати врожаю. У результаті аналізу методів захисту рослин акцентовано увагу на розпилені аерозолів хімічних препаратів, як найбільш розповсюджених при передпосівній обробці насіння зернових. Не дивлячись на простоту технологічного процесу протруювання аерозолями хімічного розчину насіння зернових, забезпечити дотримання технології досить складно. Аналіз технологічного обладнання для протруювання насінневого матеріалу зернових дозволив відокремити пристрої знезараження і стимулювання насінневого матеріалу зернових за рахунок використання електротехнологій та розпилення хімічних розчинів.

При дотриманні науково обґрунтованих режимів обробки, пристрої на основі електротехнологій мають мінімальний механічний вплив на насіннєвий матеріал. Обробка насіння електромагнітними хвилями надвисокої частоти, через природу свого впливу, надає як бактерицидну дію так і теплову.

Головним недоліком існуючих пристроїв є підвищені вимоги до охорони праці та здебільшого порційний принцип дії. Устаткування, яке забезпечує поточний принцип дії, має складну конструкцію і вимагають додаткових технічних засобів для детектування електромагнітного випромінювання у зоні роботи або знаходження персоналу або металевих предметів і частин устаткування.

Проаналізоване технологічне устаткування вітчизняного і закордонного виробництва, яке використовується для передпосівної обробки насіння зернових робочими розчинами, сприяє:

- травмуванню зерна шнековими органами, що може привести до зниження посівних якостей насінневого матеріалу за рахунок пригнічення насінневого потенціалу діючими речовинами робочих розчинів;
- налипанню зволоженого обробленого зерна на робочі органи технологічного устаткування, на стінках робочих бункерів, що може привести до сводоутворення над випускними отворами;
- у подальшому, додаткове зволоження вимагає досушування обробленого зерна, за припустимими нормами це 1%, а в наслідок порушення умов технологічного процесу – до 3%.

Враховуючи зазначені недоліки, запропоновано електротехнологічний комплекс (ЕТК), який забезпечує мінімальне пошкодження насіння та можливість аерозольної обробки. Для підвищення якості обробки розглянемо методи інтенсифікації осадження аерозолів робочих розчинів на дрібнодисперсному матеріалі – на прикладі насіння зерна пшениці.

Акцентовано увагу на осадженні крапель аерозолю хімічного розчину під дією електричних сил. Цей спосіб не вимагає додаткового складного технологічного обладнання та підлягає автоматизації. Найбільш оптимальним способом

транспортування зарядженого аерозолу по робочій камері є електростатичне розсіювання з урахуванням повітряного потоку, створюваного генератором.

Крім того, на основі даного методу можливо забезпечити направлене покриття насіння зернових у випадку його заряду протилежним знаком. Використання електроаерозолу дозволяє мінімізувати втрату препарату, підвищити рівномірність його розподілу на насінні, що зменшить пестицидне навантаження та ймовірність пошкодження зернівки.

Існуючі дослідні та виробничі розробки протруйників не призначені для обробки насіння пшениці у хмарі електризованого аерозолу. Найбільш раціональний спосіб отримання електризованого аерозолу є механічний, із зарядженням в електростатичному полі. Не розроблені теоретичні положення, які описують процеси взаємодії електроаерозольних часток (розповсюдження, осадження) та зернового матеріалу, при вільному падінні останнього у робочому просторі камери протруювання, як єдиного процесу.

Другий розділ «Математичне моделювання осадження електроаерозолу на насіннєвий матеріал» присвячено питанням моделювання осадження електроаерозолу на насіннєвий матеріал. Розглянуті задачі розробки математичного апарату взаємодії насіннєвого матеріалу і електризованого аерозолу та обґрунтування технологічних параметрів електротехнологічного комплексу передпосівної обробки насіння зернових у хмарі електризованого аерозолу.

Якщо частку аерозолу та насіння зерна розглядати у вигляді двох нерухомих матеріальних заряджених точок, які знаходяться у вакуумі і на деякій відстані одна від одної, то між ними виникає сила взаємодії, яка описується законом Кулона - основним законом електричної взаємодії тіл

$$F = \frac{k_1 q_1 q_2}{r_{12}^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}, \quad (1)$$

де k_1 – константа, $k_1=1/(4 \cdot \epsilon_0 \pi)=9 \cdot 10^9$ Кл²·Нм²;

q_1 и q_2 – заряд матеріальних точок;

r_{12} – відстань між ними;

ϵ_0 – діелектрична проникність вакууму, $\epsilon_0=8,854 \cdot 10^{-12}$ Кл²·Нм².

Граничний заряд для насіння зерна (частинки еліпсоїдної форми) при орієнтуванні більшої вісі вздовж силових ліній

$$q_{\text{ч}} = \frac{E_0 \epsilon_{\text{ч}} l_B l_M^2}{1 + (\epsilon_{\text{ч}} - 1)\varphi} \pi \epsilon_0, \quad (2)$$

при орієнтуванні малої вісі вздовж силових ліній

$$q_{\text{ч}} = \frac{E_0 \epsilon_{\text{ч}} l_B l_M}{1 + (\epsilon_{\text{ч}} - 1)\varphi} \pi \epsilon_0, \quad (3)$$

а для часток сферичної форми

$$q_{\text{ч}} = \left(1 + 2 \frac{\epsilon_{\text{ч}} - 1}{\epsilon_{\text{ч}} + 2} \right) 4\pi \epsilon_0 E_0 r_{\text{ч}}^2, \quad (4)$$

де E_0 – напруженість поля, Н/Кл;

ϵ – відносна діелектрична проникненість;

ε_0 – діелектрична постійна, Ф/м;
 l_b, l_m – довжина більшої та меншої вісі, м;
 φ – різниця потенціалів, В;
 r_c – радіус частинки, м.

Заряд крапель рідини обумовлений здатністю їх заряджатися, визначається постійною часу

$$\tau = \varepsilon_0 \varepsilon \rho, \quad (5)$$

де ρ – питомий опір рідини, Ом·м.

Процес утворення крапель та їх зарядження відбувається одночасно, але їх зарядження можливе за умови, якщо час зарядження менший за час утворення крапель, тобто

$$\tau < t_{\text{кр}}. \quad (6)$$

Час утворення крапель

$$t_{\text{кр}} = \frac{l_c}{v}, \quad (7)$$

де l_c – відстань від зрізу форсунки до точки утворення крапель, м;
 v – швидкість струменю, м/с.

За даними виразами (6, 7) визначається розміри коаксіального електроду, за умови, якщо безперервний струмінь має довжину не менше $4r_0$ (r_0 – радіус вихідного отвору форсунки).

Ефективність зарядження часток аерозолу слід визначати порівнянням отриманого ними заряду з максимально можливим, при якому можна спостерігати гідравлічну нестабільність краплини

$$q_{\text{max}} = 8\pi r_c^{3/2} \sqrt{E\delta}, \quad (8)$$

де δ – коефіцієнт поверхневого натягування, Н/м.

Якщо заряд частинки більше q_{MAX} , то частинка подрібнюється на більш дрібні. Для визначення фактичного заряду краплини приймають наближені формули

$$q_m = \frac{2\pi^3}{3} \varepsilon_0 E_0 r_a^2, \quad (9)$$

де E_0 – напруженість поля, яке заряджає аерозоль, Н/Кл.
 r_a – радіус аерозольної частинки, м.

За допомогою формул заряду зерна пшениці (2-4) та краплин аерозолу (9) отримуються вхідні дані для моделювання їх взаємодії.

У результаті аналізу фізичних явищ та процесу осадження електризованого аерозолу на поверхню зерна, визначено що точка найбільш інтенсивного осадження буде при виконанні умови

$$\pi h n_0 (r_a r_d + k_1) \cdot e^{\frac{v_{oc} t}{h}} - \frac{v_{oc}}{h} = 0, \quad (10)$$

$$\text{де } k_1 = 1,512 \left(\frac{r_d^2 q^2}{\rho_d g (r_a^2 - r_d^2)} \right)^{2/5};$$

q – заряд частинки аерозолі, Кл;

ρ_d – щільність зернового матеріалу, кг/м³;

g – швидкість вільного падіння, м/с².

r_d – еквівалентний радіус насіння зерна, м;

r_a – радіус аерозольної частинки, м.

n_0 – початкова концентрація електроаерозолі, м⁻³;

v_{oc} – швидкість осадження, м/с.

Отримане рівняння дозволяє обґрунтувати висоту робочої камери при різних умовах експлуатації та режимах роботи ЕТК.

Представлений математичний апарат дозволяє обґрунтувати режими роботи порційного протруювача зернового матеріалу, який знаходиться у режимі спокою. При дослідженні динамічних систем доцільно використовувати математичний апарат Марківських процесів.

Розглядаємо технологічний процес (ТП) передпосівної обробки насіння з огляду на дві складові (зерно, аерозоль). Припустимо, перша сторона (x) на початку ТП має x_0 необробленого зерна. Друга сторона (y) на початку технологічного процесу матиме y_0 часток аерозолі. Можливі наступні варіанти реалізації ТП. У першому з них, усі елементи сторони x починають роботу, тобто зерно подається у робочий простір аерозольної обробки зерна, після чого подаються частинки аерозолі y . У другому випадку обидві сторони подаються у робочу камеру одночасно. Третій випадок полягає у тому, що аерозоль y вже знаходиться у робочій камері, а зерно починає подаватись на обробку. У подальшому елементи сторін подаються у робочу камеру одночасно.

У всіх випадках вважаємо, що краплини аерозолі переважно «атакують» необроблене зерно, що можливо у випадку електрично зарядженого зерна та часток аерозолі.

Також вважаємо, що ймовірність P_x потрапляння зерна на частинку аерозолі сторони y та ймовірність P_y потрапляння частинки аерозолі на необроблене зерно x протягом технологічного процесу залишаються незмінними, але не обов'язково рівними одна одній. ТП зупиняється, коли зерно буде оброблене, або закінчиться робочий розчин аерозолі.

Пропонований до розгляду технологічний процес можна представити Марківським процесом, стан якого відбивають двомірні точки

$$\{(p:q)/p=0; 1; \dots x_0; q=0; 1; \dots y_0\}. \quad (11)$$

Якщо $p=0$ або $q=0$, то такий стан є стійким. Найважливішою характеристикою цього процесу є матриця стану системи

$$A(t) = \begin{pmatrix} F_{00}(t) & F_{01}(t) & \dots & F_{0l}(t) & \dots & F_{0y_0}(t) \\ F_{10}(t) & F_{11}(t) & \dots & F_{1l}(t) & \dots & F_{1y_0}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{k0}(t) & F_{k1}(t) & \dots & F_{kl}(t) & \dots & F_{ky_0}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{x_00}(t) & F_{x_01}(t) & \dots & F_{x_0l}(t) & \dots & F_{x_0y_0}(t) \end{pmatrix}, \quad (12)$$

де $F_{ij}(t)$ – ймовірність того, що у момент часу t залишилось i необроблених зерен сторони x та j часток аерозолю сторони y . На початку ТП ($t_0=0$) $F_{x_0y_0}(0)=1$; $F_{ij}(0)=0$ при $i+j < x_0+y_0$.

На основі дискретних Марківських процесів запропонована модель двостороннього аналізу технологічного процесу обробки зернових аерозолями хімічних розчинів. Стає можливим обґрунтування попередньої подачі компонентів сторін на початку технологічного процесу, що дає можливість формалізації перехідних процесів. Пропонований алгоритм дозволяє урахувати зміну ймовірностей P_x та P_y при реалізації ТП, а також обмежити його тривалість.

Стан цього процесу відбивається матрицею стану системи (12). Можливо дослідити такі випадки реалізації технологічного процесу:

- насіння зерна та аерозоль у камері обробки є;
- насіння зерна є, а аерозоль у камері обробки відсутній.

Різні варіанти виконання технологічного процесу, а саме :

- електризація насіння і аерозолю;
- електризація тільки аерозолю;
- електризація тільки насіння.
- відсутність заходів інтенсифікації осадження.

Це дозволить обґрунтувати режими роботи ЕТК та систему керування ним, а також надасть уявлення про перехідні процеси на його початку і закінченні. Крім того, можливо визначити режими роботи при коливанні технологічних параметрів (подача зерна, параметри зерна, подача аерозолю та його параметри) та їх вплив на якість технологічного процесу.

У третьому розділі «Експериментальне дослідження електротехнологічного комплексу аерозольної обробки» за результатами досліджень попередніх розділів був запропонований ЕТК (рис. 1). Для реалізації даної технології можливо використовувати нове технологічне обладнання, або модернізувати існуюче, наприклад барабанний відцентровий сепаратор БЦС (рис. 2). Як варіант, можливе його впровадження на технологій на платформі ЗАВ (рис. 3).

Пропоноване технологічне обладнання складається з бункеру для насіння 1, за допомогою дозатора 2 насіння подається у камеру протруювання 3, виготовлену з діелектричного матеріалу, по розподільнику потоку 4, на який подається потенціал, протилежний відносно потенціалу електрично зарядженого аерозолю робочого розчину, котрий подається за допомогою розпилювачів 5, спрямованих виходом назустріч потоку насіння, з можливістю регулювання довжини факелу, причому зерно у камері протруювання 3 подається дозатором 2 по розподільникам потоку 4 без примусового прискорення, а оброблюється під час вільного падіння у камері протруювання 3 з виходом через вивантажуючий

отвір 6. При потраплянні зарядженого насіння, яке заряджається при падінні з розподільника потоку 4, у хмару електрично зарядженого протилежним знаком аерозолі, відбувається його інтенсивне покриття робочим розчином. Інтенсивність покриття насіння залежить від довжини робочої камери 3 та різниці потенціалів між розподільником потоку 4 та розпилювачами 5, а також від концентрації аерозольної хмари.

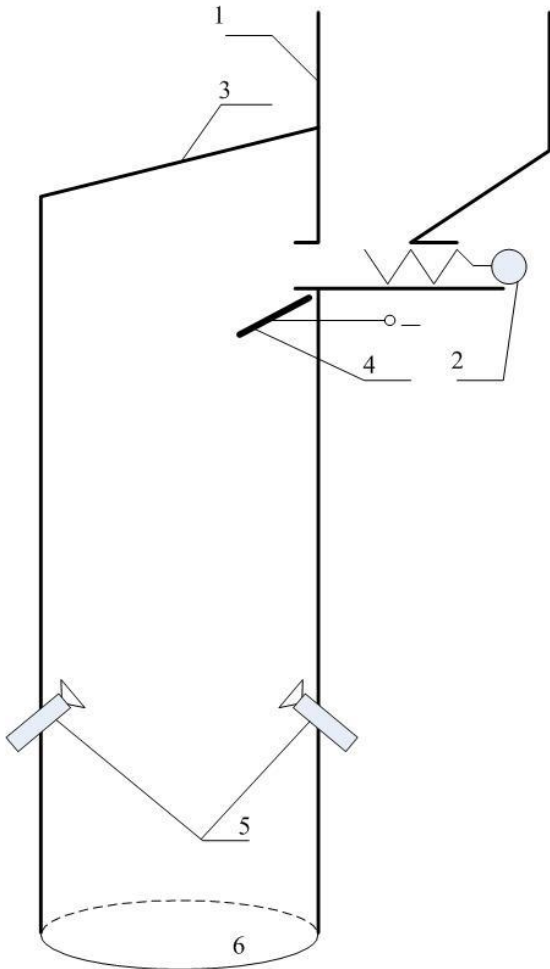


Рис. 1. ЕТК передпосівної обробки насіння зернових у хмарі електризованого аерозолі: 1 - бункер насіння; 2 - дозатор; 3 - камера протруювання насіння з діелектричного матеріалу; 4 - розподільник потоку; 5 - розпилювачі; 6 - вихідний отвір.

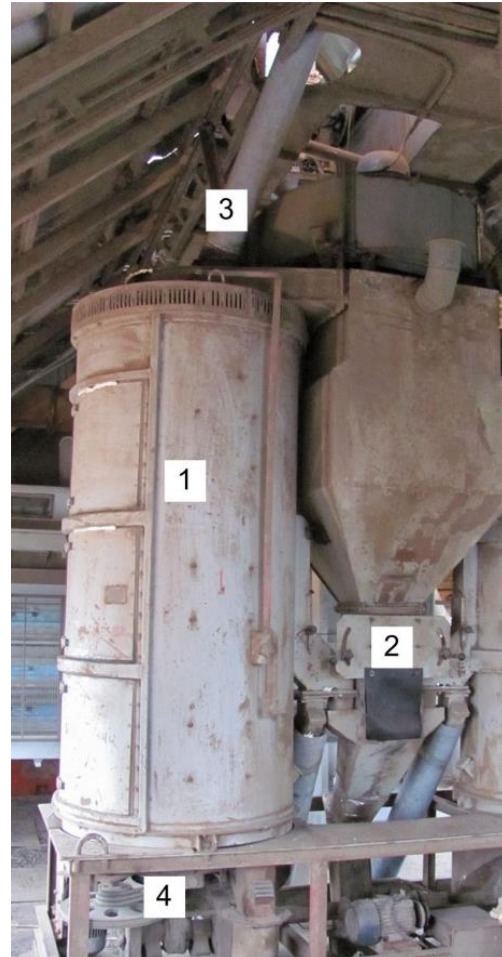


Рис. 2. Модернізований БЦС для протруювання насіння зерна пшениці у хмарі електризованого аерозолі: 1 - робоча камера; 2 - підготовка електроаерозолі; 3 - подача зерна; 4 - вихідний відсік.

У розділі вирішена задача обґрунтування критерію оцінки якості роботи ЕТК передпосівної обробки насіння зерна. Розроблено лабораторний стенд, який складається з робочої камери, оприскувача з пристроєм заряду аерозолі, помножувача напруги та кіловольметра. Керуючись теорією великих чисел, за якою, для ймовірності події $P=0,95$ та припустимої помилки $\varepsilon=0,05$, рекомендована кількість вимірювань, в умовах задачі – кількість сканованих зерен, дорівнюватиме 384. Найближчою до такої кількості зерен містить зображення 1000×1000 px, яке буде використовуватись у подальшому.

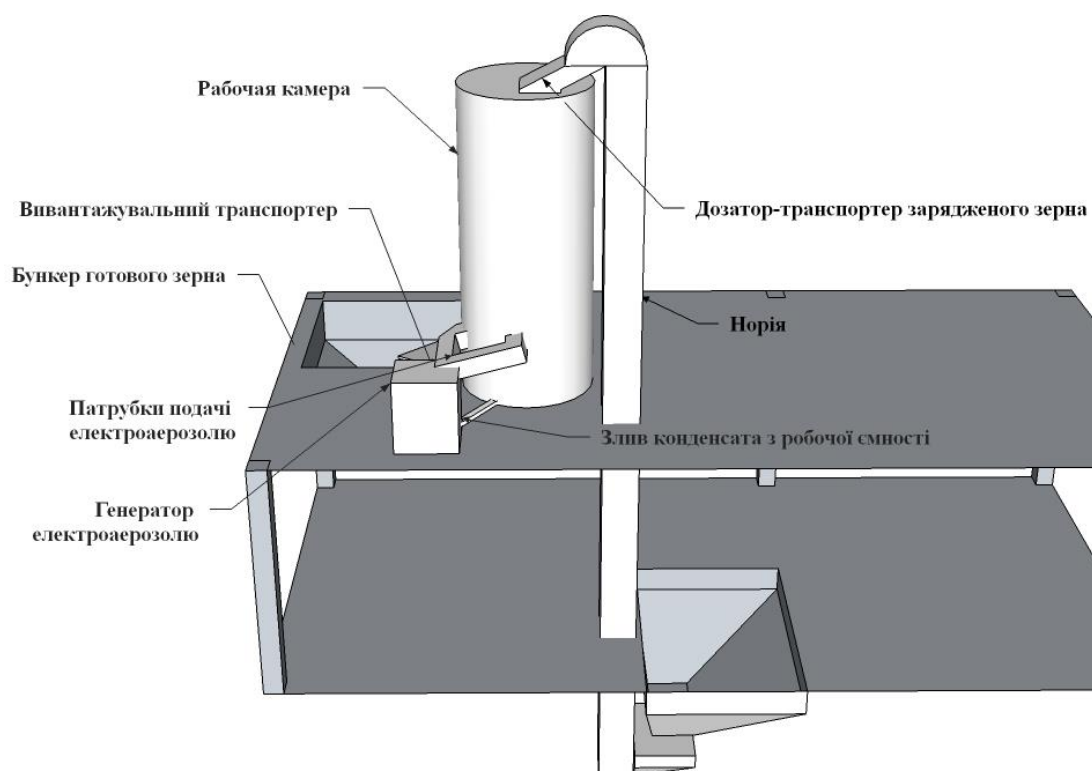


Рис. 3. Технологічна лінія впровадження ЕТК.

Для удосконалення оцінки якості обробки насіння нами запропоновано використовувати люмінесцентний маркер, збудником якого є ультрафіолетове опромінення, пристрій візуального контролю та розроблене програмне забезпечення для визначення параметрів зернового вороху (рис. 4). При застосуванні комп'ютерної техніки можливо використати апаратний спосіб оцінки насінневого матеріалу, з мінімізацією впливу людського фактору.

Вхідними даними є фотографія вороху насіння під час обробки, або після неї, при однакових умовах зовнішнього освітлення. Результат зберігається у файлі графічного формату без зміни його змісту при відкритті. Визначається частота відтінків кольорів (при розбитті кожного пікселя за RGB-складовими). Отримані частоти використовують як інформаційний показник.

Для проведення дослідів насінневий матеріал був отриманий у ПП «АСКОН» (с.м.т. Якимівка, Запорізька обл.). Проби поділені на групи за величиною заряду аерозолі робочого розчину, який подається 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. Напруга заряду аерозолі – 0 – 10 кВ.

Зерно насипом опромінювали ультрафіолетовою лампою і фотографували у темному приміщенні (розсіяне освітлення на рівні проби – 2 лк) цифровим фотоапаратом з однаковими налаштуваннями витримки, чутливості та діафрагми. Результат зберігали у файлі графічного формату BMP, як рисунок з 24-х розрядним кольором, з якого визначали частоту відтінків кольорів RGB-моделі. Для надання висновків використовували данні частот відтінків кольорів.



Рис. 4. Зразки зображення для оцінки роботи оприскувача.

Розроблено програмне забезпечення (рис. 5). Основними задачами в процесі програмної реалізації є: одержання параметрів кольорового зображення; отримання графіків дискретного ряду розподілу відтінків кожного кольору; експорт даних.

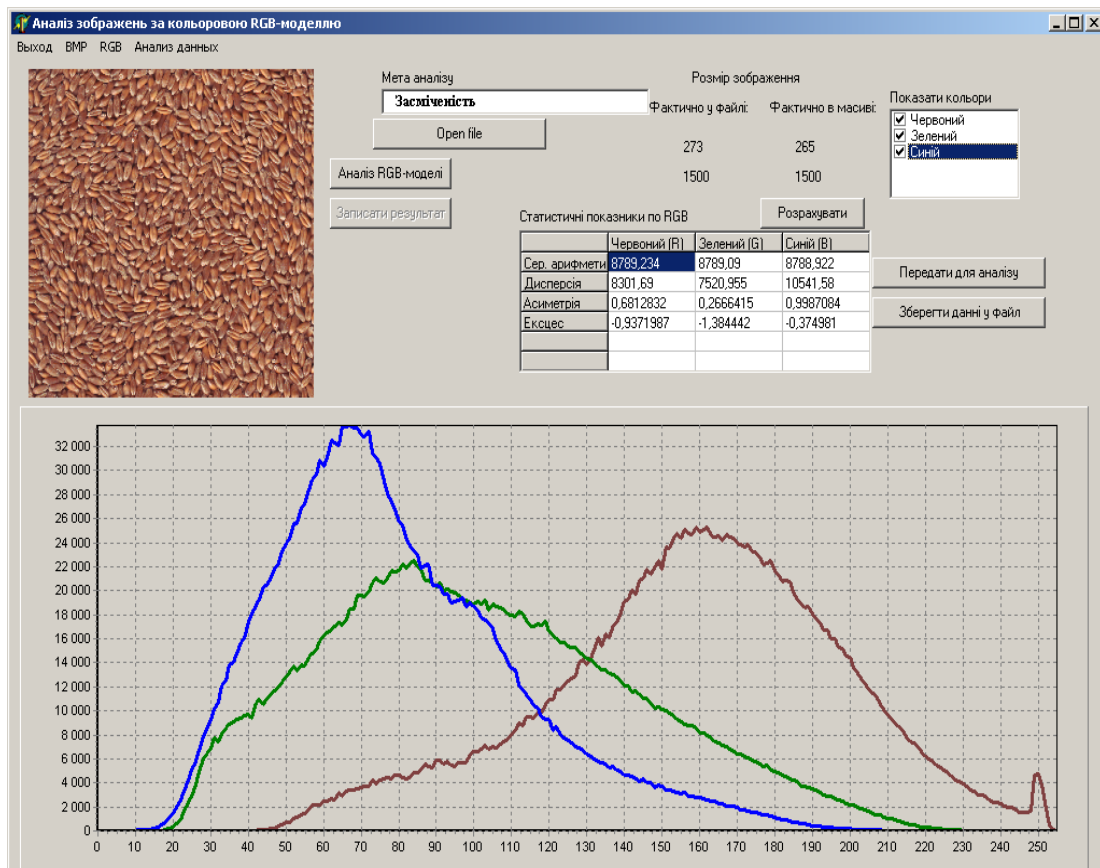


Рис. 5. Вікно діалогу з користувачем.

Основна задача полягає у тому, щоб на основі даних про розподіл відтінків основних кольорів RGB-моделі, котрі отримані із зображень зернового насипу, зробити достатньо надійні висновки про режим роботи оприскувача, які б повною мірою характеризували загальну сукупність.

Теоретичне рішення цього питання перш за все ґрунтується на загальній теоремі великих чисел, згідно з якою, із збільшенням кількості досліджень (у нашому випадку кількість зерен, які фотографуються) різниця між частотою та ймовірністю події буде мало відрізнятися від дійсності. Відповідно до мети до-

сліджень, цей закон можна використати для того, щоб визначити розмір зображення або необхідну кількість зерен, достатньої для достовірного представлення дослідної партії.

Як вже було визначено, для ймовірності події $P=0,95$ та припустимої помилки $\varepsilon=0,05$, рекомендована кількість сканованих зерен дорівнюватиме 384, яке містить зображення 1000×1000 px (табл. 1).

Таблиця 1

Середня кількість зерен у зображеннях

Розмір, px	400×400	800×800	1000×1000	1500×1500	2000×2000
Кількість зерен, шт	39	192	312	673	1128

З графічного представлення емпіричних даних (рис. 6) можна побачити, що характер зв'язку є складним. Крім того, важко виявити кореляційний зв'язок між графікою та умовами обробки. 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 (табл. 2). У зв'язку з чим проаналізовано кожний відтінок та за допомогою коефіцієнту лінійної кореляції (r_{xy}) прийняти рішення про його інформативність (рис. 6). 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 подальшого аналізу використовуємо відтінки синього кольору у діапазоні від 10 до 150 (рис. 6).

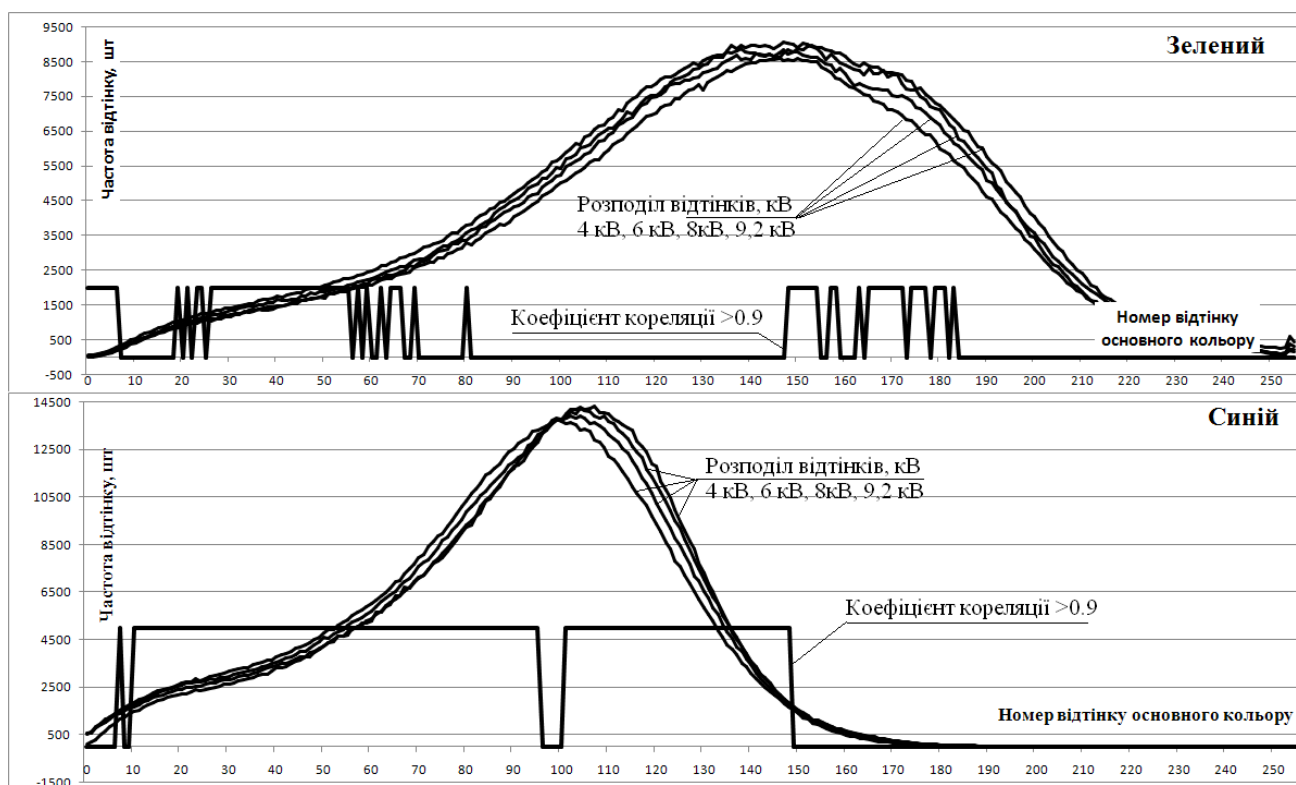


Рис. 6. Розподіл відтінків основних кольорів насіннєвого матеріалу в ультрафіолетовому опроміненні, при обробці аерозолію напругою 4, 6, 8 та 9,2 кВ.

З візуального аналізу експериментальних даних (рис. 6) можна припустити наявність параболічної залежності між розподілами. Враховуючи, що відтинки 70 та 130 мають максимальний приріст по частоті, то даний діапазон проаналізовано інструментами регресійного аналізу. Апроксимуємо експериментальні дані в вказаному діапазоні параболічною функцією. Для аналізу використані середньоарифметичні значення відтінків за 4 пробами кожного досліду. Проби не мають статистично значущих помилок за кожним відтинком, що визначалось за стандартною методикою за критерієм Стьюдента.

Таблиця 2

Статистична оцінка розподілів, отриманих з аналізу фотографій обробленого насіння в ультрафіолетовому опроміненні, за основними кольорами

Напруга, кВ	0	2	4	6	8	9,2	r_{xy}
Показник							
Червоний							
Середнє арифметичне	3914,1	3914,1	3914,1	3914,1	3914,1	3914,1	-
Дисперсія	5038,8	5080,5	4977,2	5010,5	5037,8	4961,4	-0,56
Асиметрія	1,01	1,08	0,96	1,00	1,02	0,97	-0,41
Ексцес	-0,41	-0,26	-0,56	-0,47	-0,42	-0,51	-0,44
Зелений							
Середнє арифметичне	3914,1	3914,1	3914,1	3914,1	3914,1	3914,1	-
Дисперсія	2997,1	2987,1	2991,9	2988,6	2989,1	3101,3	0,56
Асиметрія	0,36	0,37	0,36	0,32	0,37	0,38	0,08
Ексцес	-1,39	-1,40	-1,34	-1,40	-1,38	-1,39	0,06
Синій							
Середнє арифметичне	3928,9	3914,1	3914,1	3914,1	3914,1	3928,9	-
Дисперсія	4560,6	4490,3	4473,7	4510,7	4542,8	4619,3	0,44
Асиметрія	1,00	1,02	0,96	0,96	1,00	1,01	-0,001
Ексцес	-0,34	-0,30	-0,40	-0,42	-0,33	-0,32	-0,03

Для практичного використання необхідно визначити, котрий з параметрів рівнянь регресії має найбільший коефіцієнт кореляції, що буде відповідати лінійній залежності між налипанням маркеру та отриманим коефіцієнтом рівняння регресії. Необхідність лінійної кореляції обумовлена простотою отримання коефіцієнтів – розрахунок коефіцієнтів лінійної моделі потребує менше апаратних ресурсів ніж розрахунок коефіцієнтів нелінійної моделі. В якості інформаційного показника використовуємо координати вершини параболі

$$\left(-\frac{a_1}{2a_2}; -\frac{4a_2 \cdot a_0 - a_1^2}{4a_2} \right). \quad (13)$$

Запропонований критерій отримав експериментальне підтвердження (табл. 3). Розроблена методика та критерій вперше дозволяє впровадити апаратний спосіб контролю режимів роботи оприскувачів як при заряджанні аерозолу робочого розчину, так і без заряду.

Коефіцієнти рівнянь регресії

Напруга, кВ Відтінок	4	6	8	9,2	Коефіцієнт лінійної кореляції
a ₂	-8	-8	-8	-8	0,94
a ₁	458	480	507	510	0,987
a ₀	6617	5869	5154	5014	-0,989
вершина x	29	31	33	34	0,997
вершина y	13300	13404	13544	13681	0,987

Для дослідження технологічного процесу обробки насіння у хмарі електризованого аерозолі використано багатофакторний експеримент (БФЕ) з трьома факторами за повнофакторним планом (табл. 4):

x₁ – напруга заряду аерозолі та зерна, кВ;

x₂ – концентрація маркеру, мл/л;

x₃ – подача зернового матеріалу, кг/с.

Зміну факторів приймаємо у діапазонах:

x_{1в} = 9,2 кВ; x_{1н} = 7,6 кВ;

x_{2в} = 80 мл/л; x_{2н} = 40 мл/л;

x_{3в} = 0,2 кг/с; x_{3н} = 0,1 кг/с.

В якості відклику у_и представлено номер відтинку, який відповідає координаті вершини апроксимуючої параболи на вісі абсцис

Розглянемо взаємодію факторів:

$$X_4 = X_1 \cdot X_2; \quad X_5 = X_1 \cdot X_3; \quad X_6 = X_2 \cdot X_3; \quad X_7 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (14)$$

Таблиця 4

Матриця БФЕ та результати обробки зерна електроаерозолем розчину маркеру

№, u	Кодовані рівні змінних								Відклики				\bar{y}_u	\tilde{y}_u
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	y _{u1}	y _{u2}	y _{u3}	y _{u4}		
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	101	106	107	109	105,75	105,76
2	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	98	99	93	98	97	96,37
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	106	105	109	110	107,5	107,49
4	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	101	102	104	103	102,5	103,12
5	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	109	106	105	104	106	105,99
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	104	102	106	100	103	103,62
7	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	105	110	109	107	107,7	107,71
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	109	110	113	112	111	110,37

Отримані оцінки мають значення:

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 105,0563, & \beta_1 &= 1,86875, & \beta_2 &= 2,11875, & \beta_3 &= -1,68125, \\ \beta_4 &= 0,30625, & \beta_5 &= 1,75625, & \beta_6 &= 1,25625, & \beta_7 &= 0,31875. \end{aligned}$$

За критерієм Стюдента оцінки β_4 та β_7 є статистично незначущі. Тому остаточне рівняння регресії у кодованих факторах із урахуванням їх статистичної значущості матиме вигляд

$$\tilde{y} = 105,0563 + 1,86875 \cdot X_1 + 2,11875 \cdot X_2 - 1,68125 \cdot X_3 + 1,75625 \cdot X_5 + 1,25625 \cdot X_6. \quad (15)$$

Рівняння регресії у фізичних факторах із урахуванням статистично значущих факторів, які взаємодіють матиме вигляд

$$y = 150,7501 - 4,25 \cdot x_1 - 0,0825 \cdot x_2 - 477,813 \cdot x_3 + 43,90625 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1,25625 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (16)$$

Побудований графік функції за трьома змінними (рис. 7) вказує на складний нелінійний зв'язок між параметрами, що обумовлено взаємодією між електричними зарядами часток різної форми. У діапазоні продуктивності 0,1...0,2 кг/с насіння та зміни напруги заряду аерозолі 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 аерозолі та стійку роботу системи керування можливо забезпечити при загальній різниці потенціалів 7-8 кВ, що буде найменш чутливим при коливанні продуктивності подачі насіння.

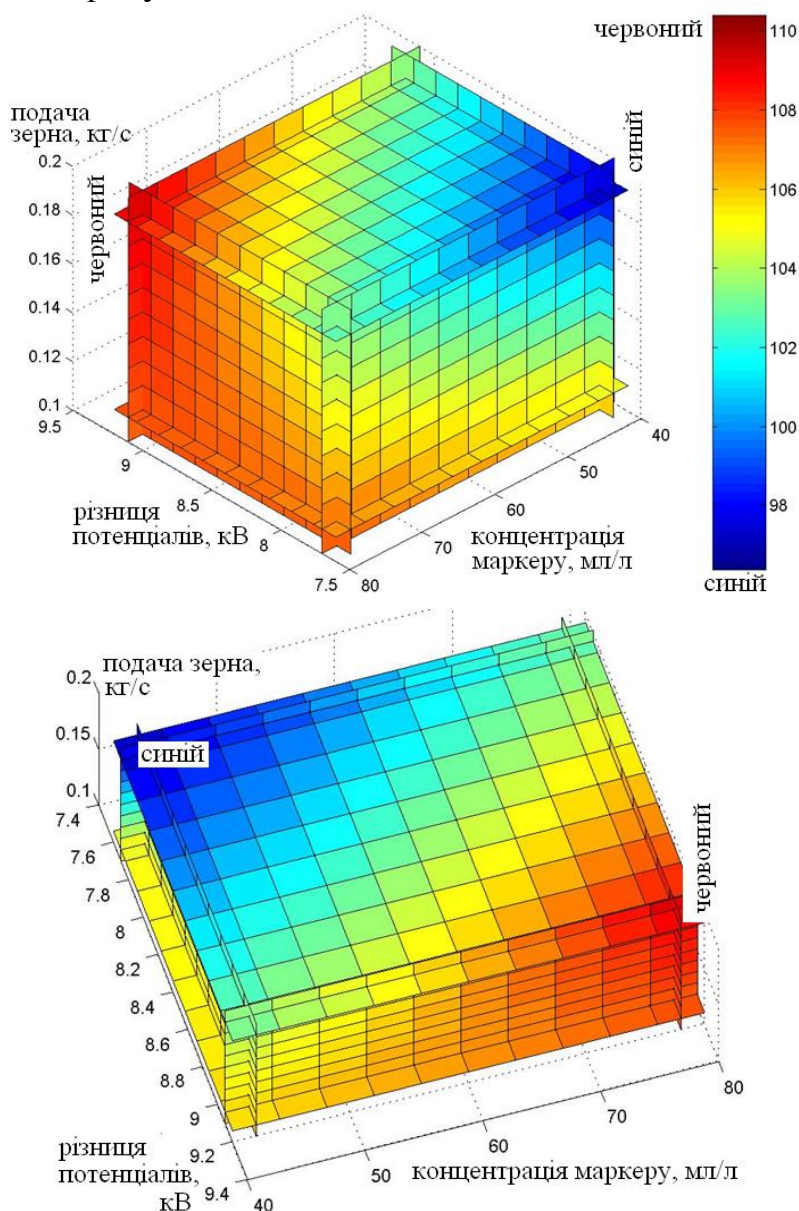


Рис. 7. Залежність вершини параболі відгінку синього кольору від x_1 , x_2 та x_3 .

У четвертому розділі «Автоматизація електротехнологічного комплексу аерозольної обробки зерна» формалізовано систему керування.

Проаналізовано технологічний процес, як об'єкт автоматизації. Виокремлені виконавчі механізми, параметри, які підлягають контролю, реєстрації та регулюванню (табл. 5).

Таблиця 5

Параметри технологічного процесу, які підлягають контролю, реєстрації або регулювання

№	Найменування пристрою	Контрольований параметр	тип сигналу
1	Норія	Завантаження приводу верхнього барабану	Bool
		Завантаження приводу заслінки норії	Bool
		швидкість обертання барабанів	Integer
		витратомір	Real
		положення заслінки	Bool
		якісні показники вхідного матеріалу	String
2	Транспортер-зарядник	Завантаження приводу	Bool
		Заряд зерна	Integer
3	Робоча камера	Наявність аерозолю та потоку зерна	Integer
4	Ємність з робочим розчином	Наявність розчину (верхній/нижній рівень)	Bool
5	Генератор аерозолю	Завантаження приводу розпилювача	Bool
		швидкість обертання диску розпилювача	Integer
		положення заслінки регулятора аерозолю	Real
		Робота камери генерації аерозолю	Real
6	Зарядник аерозолю	Струм споживання генератора високої напруги	Real
		Заряд зерна	Integer
7	Вивантажувальний транспортер	Завантаження приводу транспортера	Bool
		Вологість обробленого насіння	Integer
8	Ємність для осаду розчину	Наявність розчину (верхній рівень)	Bool

Розроблена структурно-функціональна схема ЕТК аерозольної обробки зерна (рис. 8) та структурно-алгоритмічна схема, яка показує взаємодію елементів автоматики. Схема керування містить три контури управління, перший з яких відображає формування керованого потоку зерна з подальшою його зарядкою високою напругою. Для даного контуру передбачений контроль витрати зерна. Другий – висока напруга різних знаків для зарядки відповідно зерна і аерозолю. Контур містить генератор, помножувач напруги з контролем його величини датчиком напруги в колі зворотного зв'язку. Третій контур відображає формування потоку рідини з подальшим утворенням аерозолю та його зарядкою високою напругою зі знаком, протилежним заряду зерна пшениці. Для визначення параметрів якості регулювання розроблена імітаційна модель системи автоматичного керування ЕТК (рис. 9), яка дозволяє отримати перехідні процеси на різних етапах технологічного процесу.

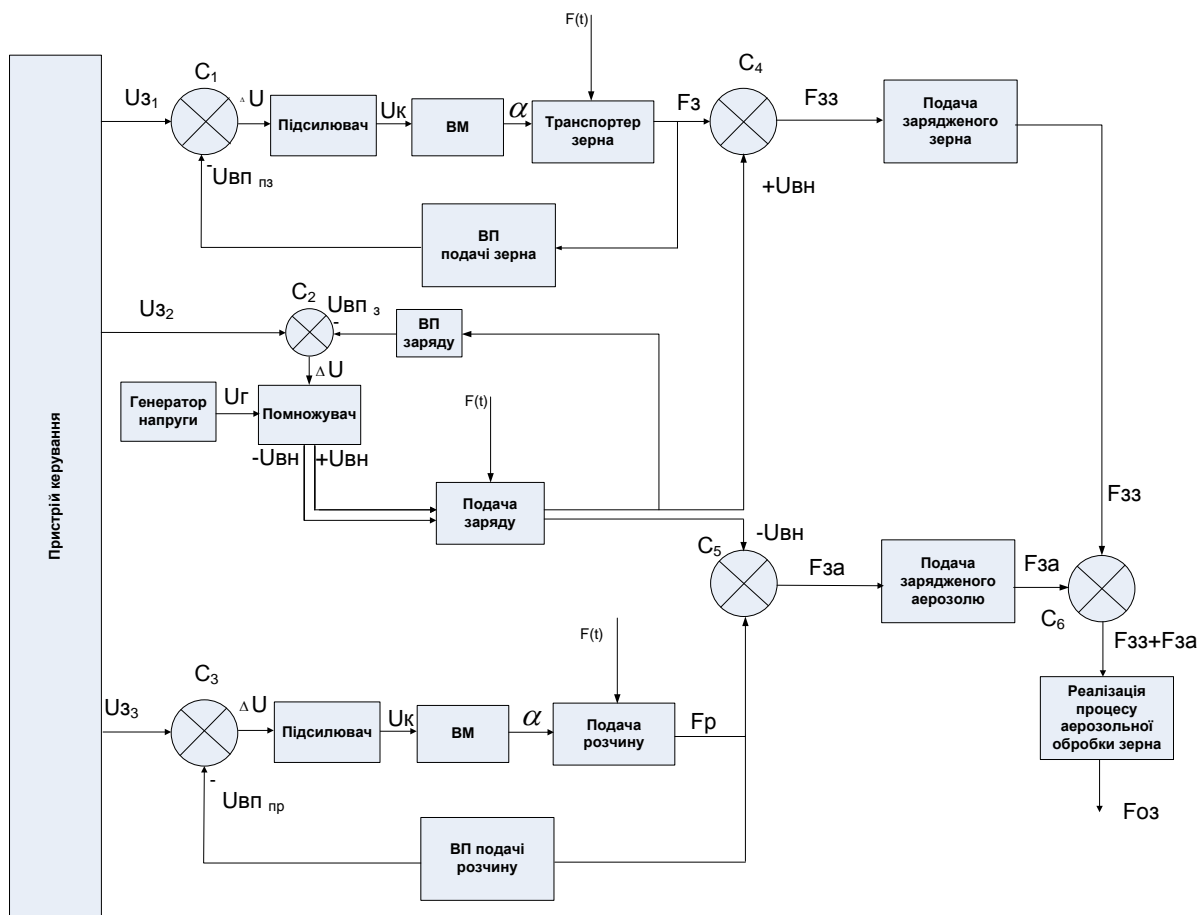


Рис. 8. Структурно-функціональна схема ЕТК аерозольної обробки зерна.

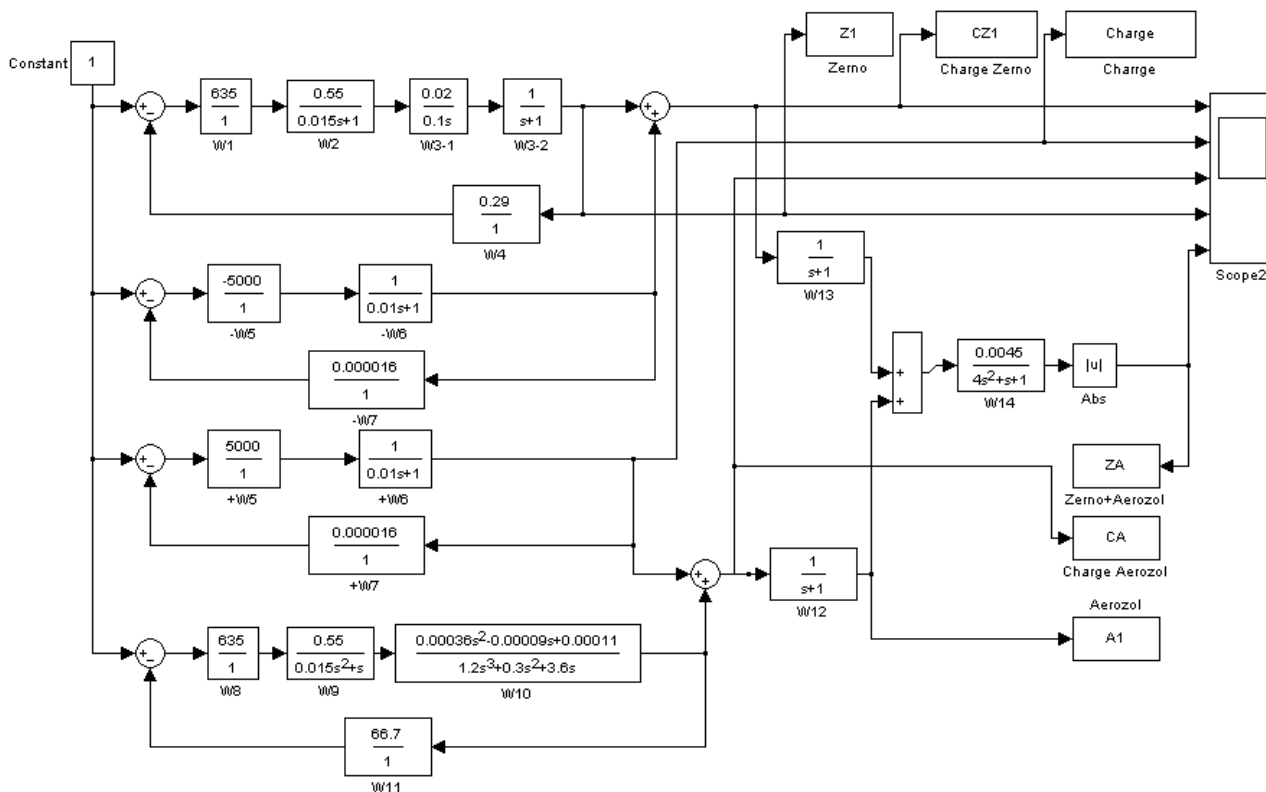


Рис. 9. Імітаційна модель дослідження системи керування ЕТК.

Розрахунки показали, що система керування є стійкою. Обрані технічні засоби автоматизації та отримані моделі забезпечують можливість керування технічним комплексом (рис. 10).

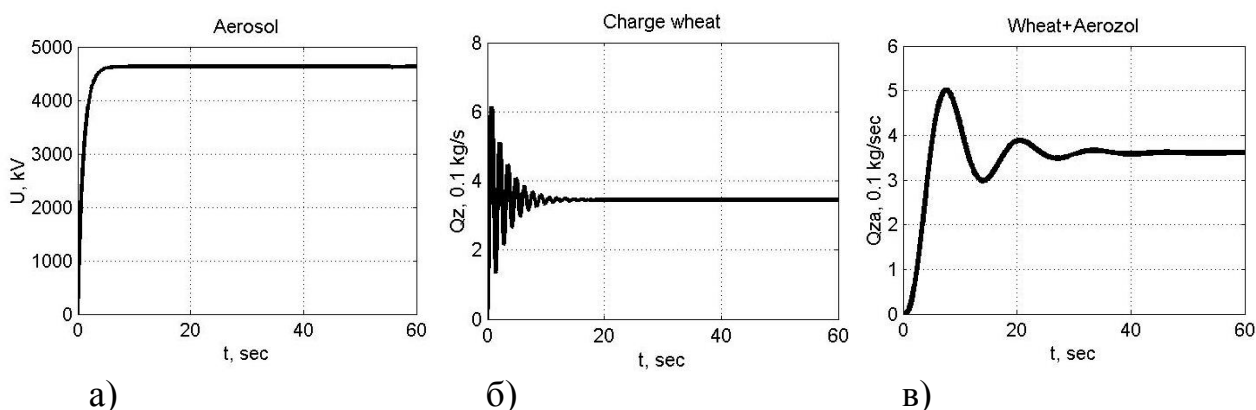


Рис. 10. Перехідні процеси системи керування на етапах передпосівної обробки насіння: а) подача зарядженого аерозолу; б) подача зарядженого насіння зерна; в) вихідна координата технологічного процесу.

Якість керування технологічним процесом визначається такими показниками: час регулювання $T_{\text{рег}}=42$ с, час досягнення першого та другого максимуму $T_{\text{max1}}=8$ с та $T_{\text{max2}}=15$ с відповідно, а декремент затухання $\Delta=0,57$, що є прийнятним для даного класу систем.

У п'ятому розділі «Ефективність використання електроаерозолів у передпосівній обробці насіння зернових» наведені джерела економічної ефективності та базові техніко-економічні показники. Позитивні економічні показники досягаються за рахунок:

- підвищення якості протруювання за рахунок рівномірного нанесення діючої речовини;
- зменшення механічного пошкодження зерна, шляхом мінімізації операцій транспортування;
- підвищення врожайності за рахунок дотримання технології протруювання;
- підвищення лабораторної схожості на 2%, енергії проростання на 6%.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі наведено вирішення актуальної науково-прикладної задачі підвищення врожайності зернових за рахунок покращення якості передпосівної обробки насіння із застосуванням нових принципів аерозольного протруювання.

Основні теоретичні та експериментальні результати полягають в наступному:

1. За результатами досліджень традиційних систем протруювання насіння встановлено, що притаманна більшості з них неякісна передпосівна обробка насіння зернових наряду з їх травмуванням, призводить до втрат майже 20% врожаю. До того ж обробка робочими розчинами пошкодженого насіння зернових додатково знижує врожайність на 5-7 %. Зазначене потребує нового підходу до формування стратегій розробки електротехнологічних комплексів як складових операційної технології післязбиральної обробки зерна та насіння, котрі, з урахуванням наведеного, забезпечили б максимальну ефективність виробництва.

2. Запропонований електротехнологічний комплекс дозволяє мінімізувати пошкодження насіннєвого матеріалу зернових, а також реалізувати технології взаємодії заряджених протилежними зарядами насіння зернових та протру-

ювачів у вигляді аерозолів, використання яких дозволяє мінімізувати витрату препарату, підвищити рівномірність його розподілу на насінні.

3. На основі математичного апарату марківських мереж розроблені теоретичні положення, які описують процес взаємодії електроаерозольних часток та зарядженого зернового матеріалу, при вільному падінні останнього у насиченому аерозолем робочому просторі камери протруювання, що дозволяє виконати моделювання повної обробки зернового матеріалу при економії витрат протруювача до 30 % у порівнянні з традиційними технологіями.

4. При проведенні лабораторних досліджень процесу у діапазоні продуктивності насіння 0,1...0,2 кг/с та зміни напруги заряду аерозолу та насіння від 7,5 кВ до 9,5 кВ, доцільно використовувати концентрацію маркеру до 70 мл/л протруювача, що дозволило досягти максимального ефекту візуалізації рівномірності покриття насіння зернових аерозолем.

5. Сталий режим роботи технологічного процесу обробки електризованого насіння зернових у хмарі електризованого аерозолу та стійку роботу системи керування можливо забезпечити при різниці потенціалів 7 – 8 кВ, що забезпечує найменшу чутливість при коливанні подачі насіння.

6. Обрані технічні засоби автоматизації забезпечують стійкий режим роботи системи керування в широкому діапазоні коливань вхідних контрольованих параметрів. Якість керування технологічним процесом визначається 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 заходиться у межах, допустимих для даного класу систем.

7. Сформульовані в дисертації наукові положення, висновки і рекомендації є обґрунтованими і достовірними, що 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 представницьких наукових конференціях, впровадженням результатів досліджень у виробництво та навчальний процес.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях

1. Діордієв В. Т. Математичне моделювання електромагнітного фону у замкненому просторі стимуляторів зернового матеріалу / В. Т. Діордієв, Г. В. Новіков, А.О. Кашкар'єв // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ, 2014. - Вип. 14, Т. 2. – С. 108-116.

2. Новиков Г.В. Электротехнологический комплекс предпосевной обработки зерна на основе электроаэрозолей/ Г.В. Новиков // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету . – Мелітополь: ТДАТУ,- 2015. – Вип. 15, Том. 2. – С. 281-289.

3. Діордієв В. Т. Обґрунтування конструкції електротехнічного комплексу передпосівної обробки зернових з використанням електроаерозолів / В. Т. Діордієв, Г. В. Новіков // Вісник Харківського національного технічного уніве-

рситету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХНТУСГ, 2015. – Вип. 165 – С. 89-90.

4. Новіков Г. В. Математичні основи моделювання обробки зернового матеріалу у хмарі електризованого аерозолю/ Г. В. Новіков, В. Т. Діордієв, А.О. Кашкар'єв // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. - Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка, 2016. - №1 (4). – С. 72-76 .

5. Діордієв В.Т. Апаратний спосіб оцінки впливу електричного поля на обробку насіння зернових аерозолем робочого розчину/ В. Т. Діордієв, Г. В. Новіков // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ, 2016. - Вип. 16, Т. 2 - С. 81-91.

6. Діордієв В.Т. Автоматизація електротехнологічного комплексу аерозольної обробки зерна/ В. Т. Діордієв, Г. В. Новіков // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. - Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2016. - №2 (5). – С. 58-61.

Електронне наукове фахове видання

7. Новіков Г. В. Анализ устройств предпосевной обработки зерновых / Г. В. Новіков // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [електронний ресурс]. - Мелітополь: ТДАТУ, 2014. - Вип. 4, Т. 2. – С. 186-196.

Патенти

8. Патент № 102525 Україна. Спосіб передпосівної підготовки насіння зернових / Діордієв В. Т., Новіков Г. В., Кашкар'єв А.О.//МПК⁶ А01G 7/04, / Заявник та власник патенту ТДАТУ. - № u201500192; заявл. 12.01.2015; зареєстровано у державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.11.2015, бюл. № 21/2015.

9. Патент № 112265 Україна. Спосіб передпосівної обробки зернових / Діордієв В. Т., Новіков Г. В., Кашкар'єв А.О.//МПК⁶ А01G 7/04, А01С 1/08 / Заявник та власник патенту ТДАТУ. - №u 2016 08876; заявл. 31.05.2016; зареєстровано у державному реєстрі патентів України на корисні моделі 12.12.2016, бюл. № 23/2016.

Статті в інших наукових виданнях

10. Діордієв В. Т. Електротехнологічний комплекс передпосівної обробки насіння зернових / В. Т.Діордієв, Г. В. Новіков //Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Т.4. Технічні науки (ч.1). – С. 73.

11. Новіков Г.В. Електротехнологічний комплекс передпосівної аерозольної обробки насіння зернових / Г.В. Новіков // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції пам'яті І.І. Мартиненка «Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України». – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – С. 107.

12. Діордієв В. Т. Обробка насіння зернового матеріалу у хмарі зарядженого аерозолю / В. Т. Діордієв, Г. В. Новіков // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта). – Київ: НУБіП, 2016 - С. 23-25.

АНОТАЦІЯ

Новіков Г. В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи електротехнологічного комплексу аерозольної обробки насіння зернових. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – Електротехнічні комплекси та системи. Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь, 2017.

Дисертація присвячена розв'язанню науково-прикладної задачі підвищення якості передпосівної обробки насіння зернових за допомогою протруювання хімічними розчинами шляхом обробки електризованого насіння у хмарі електроаерозолі.

Для досягнення поставленого завдання виконано аналіз технологічного обладнання для протруювання насінневого матеріалу пшениці, здійснено аналіз критеріїв оцінки передпосівного протруювання насіння зернових, вивчено фізичні процеси, які відбуваються при електризації аерозолі розчинів робочих рідин та насіння зерна пшениці, обґрунтовано математичний апарат взаємодії насінневого матеріалу та хмари електризованого аерозолі, обґрунтовано технологічні параметри та режими роботи електротехнологічного комплексу передпосівної обробки насіння зернових у хмарі електризованого аерозолі, а також критерії оцінки якості роботи комплексу та алгоритм його визначення. Представлено програмне забезпечення для обробки експериментальних зображень обробленого зерна пшениці, опроміненого ультрафіолетом за відтінками основних кольорів формату RGB. Представлені результати експериментальних та виробничих досліджень запропонованого електротехнологічного комплексу, які підтверджують доцільність впровадження результатів роботи. Формалізовано систему автоматичного керування технологічним процесом протруювання та визначені техніко-економічні показники.

Ключові слова: електротехнологічний комплекс, протруювання, аерозоль, зерно, пшениця, електризація, рівномірність розподілу, маркер, ультрафіолет, система автоматичного керування.

АННОТАЦИЯ

Новиков Г. В. Обоснование конструктивно-технологических параметров и режимов работы электротехнологического комплекса аэрозольной обработки семян зерновых. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - Электротехнические комплексы и системы. Таврический государственный агротехнологический университет. Мелитополь, 2017.

Диссертация посвящена решению научно-прикладной задачи повышения качества предпосевной обработки семян зерновых с помощью протравливания химическими растворами путем обработки наэлектризованных семян зерна пшеницы в облаке электроаэрозоля.

Для достижения поставленной задачи выполнен анализ существующего технологического оборудования для протравливания семенного материала зерно-

вых. Акцентируется внимание на достижении максимального покрытия семян пшеницы протравливателем при минимальном повреждении зерна за счет уменьшения количества операций, которые этому способствуют. Также справедливым является утверждение о том, что если объект, на поверхность которого должны оседать заряженные аэрозольные частицы, имеет равномерный поверхностный заряд противоположного знака, то аэрозоль стремится равномерно распределиться по поверхности объекта. Таким образом, концепция предлагаемого в данной работе электротехнического комплекса позволяет достичь поставленную цель за счет электризации аэрозоля и семян зерновых, которые просыпаются сквозь него.

В качестве критерия оценки качества работы комплекса предложено использование координат вершины параболы, которая аппроксимирует заданный участок распределения оттенков синего цвета при анализе изображений, которые получены при фотографировании обработанного зернового материала рабочим раствором с маркером, который флуоресцирует при облучении мягким ультрафиолетом. В работе представлен алгоритм его определения. Представлено программное обеспечение для обработки экспериментальных изображений обработанного зерна по оттенкам основных цветов формата RGB.

Создана лабораторная установка, с помощью которой изучены физические процессы, имеющие место при электризации семян зерна пшеницы и аэрозоля растворов рабочих жидкостей, обоснованы конструкции устройств для реализации этих процессов. Разработана схема автоматизации функциональная. Представлено технологическое оборудование, показаны места установки приводных и исполнительных механизмов, измерительных преобразователей.

Обоснована модель взаимодействия полярно заряженных семенного материала и облака аэрозоля, базирующаяся на использовании математического аппарата дискретных Марковских процессов, на основании чего получена и исследована вероятностная модель двустороннего анализа вариантов реализации технологического процесса в виде матрицы устойчивого состояния системы, что позволило согласовать конструктивно-технологические параметры и режимы подачи компонентов.

Разработаны структурные схемы предложенного электротехнологического комплекса. Они содержат три основных контура регулирования: дозированная подача зерна и раствора, а также формирования и использования разнополярных зарядов высокого напряжения. Такая схема позволила реализовать стратегию управления, обеспечивающую достижение максимального эффекта покрытия заряженных семян в облаке электроаэрозоля при экономии рабочего раствора. С использованием положений теории автоматического управления и регулирования, в координатах «выход - вход» определены передаточные функции, как отдельных звеньев, так и системы управления в целом. Компьютерное моделирование предложенной структуры позволило сделать вывод об устойчивости функционирования данного комплекса, а параметры качества регулирования находятся в пределах, допустимых для данного класса систем.

Представлены технологические параметры и режимы работы электротехнологического комплекса предпосевной обработки семян зерновых в облаке наэлектризованного аэрозоля. Приведены результаты экспериментальных и производственных исследований предложенного электротехнологического

комплекса, подтверждающие целесообразность внедрения результатов работы. Определены технико-экономические показатели, подтверждающие эффективность разработки и внедрения в производство представленного электротехнологического комплекса аэрозольной обработки семян зерновых.

Ключевые слова: электротехнологический комплекс, протравливание, аэрозоль, зерно, пшеница, электризация, равномерность распределения, маркер, ультрафиолет, система автоматического управления.

ANNOTATION

G. Novikov Substantiation of constructive and technological parameters and operating modes of the electro-technological complex aerosol treatment for the cereal seeds. - Manuscript.

Dissertation for scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.09.03 - Electrotechnical complexes and systems. Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, 2017.

Dissertation is devoted to solving of scientific and practical problem - to improve the quality of pre-seeding seed grain processing with chemical solution usage by the seed grain wheat processing in a cloud of electrifying aerosol.

The seed-processing technological equipment analysis was done in this thesis for the wheat grain processing to solve the mentioned task. The analysis was also focused on the wheat grain damage minimization during treatment by reducing the number of the possible technological operations that contribute to this damage. The analysis of the evaluation criteria was done for the treatment of the grain seeds. The factors like the duration of the laboratory experiments, the greater role of the human factor and the great ado for possible laboratory process automation were noted. The physical processes occurring during the electrification of the aerosol solutions for working fluids and wheat seeds were studied. The reasonable mathematical apparatus was substantiated for the description of the seed and the electrified aerosol cloud interactions. the technological parameters and operating modes for the electroaerosol grain pre-seeding treatment electrotechnological complex were presented. The use of coordinates vertex of the approximating parabola for a predetermined portion of the blue shade distribution during the image analysis was taken as a performance evaluation criterion for the mentioned complex justification. The images were obtained by marker-processed working solution photography analysis of marker fluorescence when irradiated with mild ultraviolet. The proper finding algorithm is represented in this scientific work. The software for the experimental images processing of the treated wheat grain in shades of RGB primary colors is described here. The results of experimental and industrial research are given for the proposed electrotechnological complex. They are proving the feasibility of the scientific results. The automatic control system for the grain pre-seed treatment was formalized with the proper identification of the technical and economic indicators.

Key words: electrotechnological complex, pre-seeding treatment, spray, grain, corn, wheat, electrification, distribution uniformity, marker, UV, automatic control system.

Підписано до друку 23.01.2017 р. Замовл. № 28. Формат 60x84x1/16.
Друк офсетний. Обсяг 0,9 умовн. друк. арк. Тираж 100 примірників.

Надрукована в типографії
Таврійського державного агротехнологічного університету.
Адреса: 72310, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18.