

УДК 681.5

## АПАРАТНИЙ СПОСІБ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА ОБРОБКУ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ АЕРОЗОЛЕМ РОБОЧОГО РОЗЧИНУ

Діордієв В.Т., д.т.н.,

Новіков Г.В., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-11-74

**Анотація** – в роботі представлено результати експериментальних досліджень взаємодії електризованого аерозолі і електризованого зерна. Описана методика експерименту. Обґрунтовано критерій оцінки взаємодії. Наведені результати повно факторного експерименту впливу подачі зерна, різниці потенціалу та вмісту маркеру.

**Ключові слова** – аерозоль, електроаерозоль, зерно, однофакторний експеримент, багатофакторний експеримент.

*Постановка проблеми.* На практиці зустрічається глибоке бактеріальне та грибкове зараження насінневого матеріалу, яке перевищує 50% [7]. На сьогоднішній день основним методом боротьби з грибовими та бактеріальними інфекціями зерна та насіння сільськогосподарських культур залишається хімічне протруювання. Необхідність використання отрутохімікатів обумовлена тим, що фітопатогенні інфекції у насінневому зерні призводять до погіршення посівних якостей, гальмуванню росту та розвитку рослин, зниженню врожаю [8]

Для досягнення високих врожаїв розповсюджений технологічний процес (ТП) інкрустації насінневого матеріалу робочими розчинами, які містять речовини, що сприяють росту, розвитку та стійкості до хвороб і шкідників у перші дні росту. Дослідження СКНІМЕСХ показали, що при протруюванні лабораторна схожість насіння може знижуватись на 10% та більше [8]. Саме тому провідні вчені рекомендують обов'язкову хімічну передпосівну обробку насіння з метою захисту від хвороб, шкідників фунгіцидами й інсектицидами, дозволеними до використання в Україні [2]

Мінімальна ступінь протруювання може становити 85%, однак при оптимально проведену роботу вона може збільшитися до 90-95% (табл. 1) [9].

Таблиця 1 - Максимально допустимі відхилення від заданого ступеня протруювання посівного матеріалу і їх причини

Показник	Припустимі відхилення від заданого значення, %
Дозировка протруйника та його розприскування	$\pm 10$
Здатність прилипати та утримуватись	$\pm 3$
Втрати діючої речовини в устаткування для протруювання	$\pm 1$
Помилки вимірювання в лабораторії	$\pm 1$
Максимальна сума відхилень	$\pm 15$

Якість обробки такого насіння контролюється лабораторними методами, що не дозволяє виконувати систематичний контроль та корегувати настроювання автоматичної системи керування (АСК) ТП.

*Аналіз останніх досліджень.* Відомі методики контролю якості нанесення робочого розчину на поверхню насіння, за допомогою лабораторних дослідів. Вони включають послідовність хімічних дослідів, виконаних у заданій кількості матеріалу, який відібрано за певними правилами, з метою мінімізації похибки вимірювань [3, 9]. Такі способи є тривалими у часі, вимагають спеціальної лабораторії, кваліфікованого персоналу та мають вагомий вплив людського фактору. Контроль здійснюється після завершення ТП, що унеможлиблює корегування параметрів АСК.

Відоме технологічне обладнання для протруювання насіння сприяє його надмірному зволоженню та травмуванню, що призводить до зниження посівних показників зерна та підвищенню енергетичних витрат на додаткове підсушування.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Обґрунтувати інформаційний показник для оцінювання якості роботи технологічного обладнання для протруювання насінневого матеріалу.

*Основна частина.* Відповідно до раніше виконаних досліджень було запропоновано електротехнічний комплекс для протруювання насінневого матеріалу з використанням електромагнітних полів [5]. Запропонований комплекс дозволяє знизити травмування зерна та енергетичні витрати на додаткове підсушування. Заявлені показники досягаються за рахунок падіння зерна через заряджену аерозольну хмару.

Для удосконалення оцінки якості обробки насіння нами запропоновано використовувати люмінесцентний маркер, збудником якого є ультрафіолетове опромінення, пристрій візуального контролю та ро-

зроблене програмне забезпечення для визначення параметрів зернового вороху [1]. При застосуванні комп'ютерної техніки можливо використати апаратний спосіб оцінки насінневого матеріалу, з мінімізацією впливу людського фактору, виявити.

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 постробленому 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) фотоапаратом з однаковими налаштуваннями. 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.

Розроблено програмне забезпечення (рис. 1). Зовнішньою оболонкою для створення програми служив Borland Delphi6.0. При розробці програми використовувалася мова четвертого рівня Pascal Object. Основними задачами в процесі програмної реалізації є: одержання параметрів кольорового зображення; отримання графіків дискретного ряду розподілу відтінків кожного кольору; експорт даних.

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» [4].

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

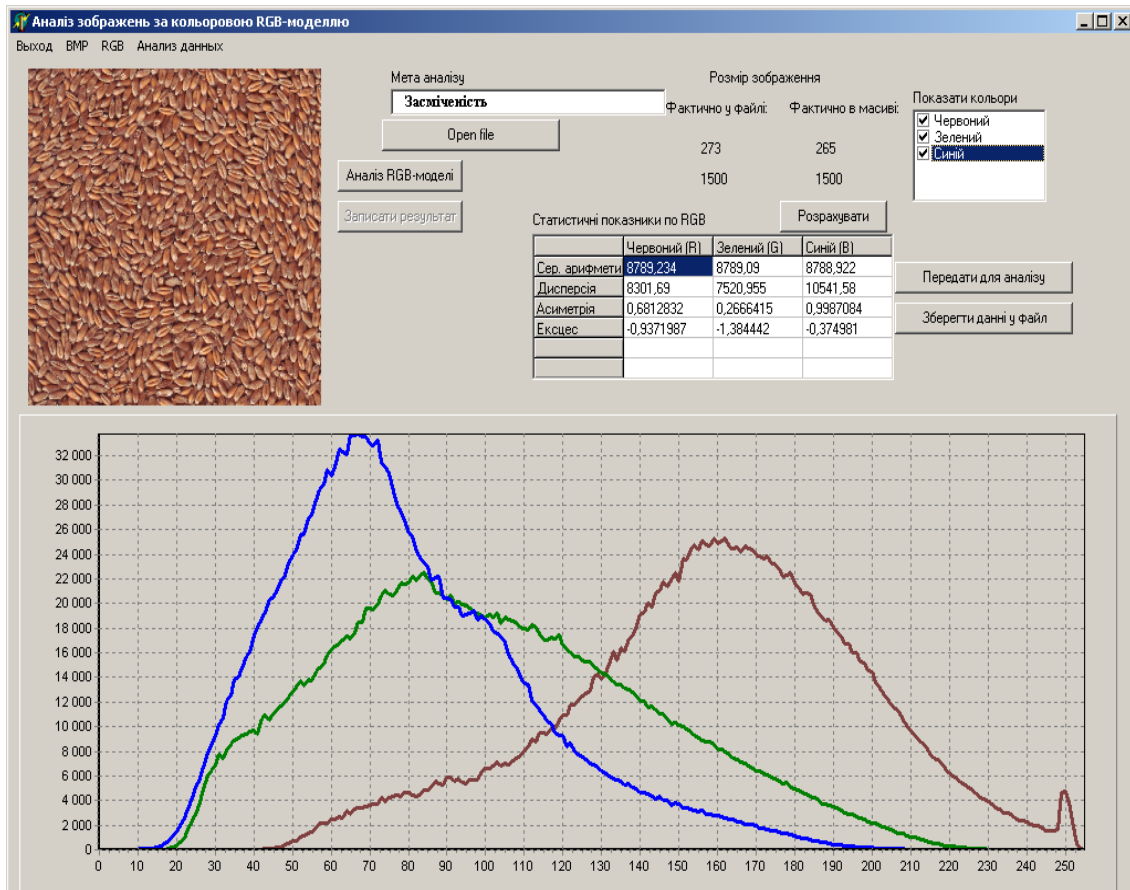


Рис.1. Вікно діалогу з користувачем

За допомогою критерію Стьюдента було доведено, що при роботі з зображенням  $750 \times 750$  px середні значення частот відтінків відрізняються статистично не значуще. Тому, керуючись теорією великих чисел, за якою, для ймовірності події  $P=0,95$  та припустимої помилки  $\varepsilon=0,05$ , рекомендована кількість сканованих зерен дорівнюватиме 384 [4]. Найближчою до такої кількості зерен містить зображення  $1000 \times 1000$  px (табл. 2).

Таблиця 2 – 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. 2) 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 (табл. 3), так і за окремими ділянками.

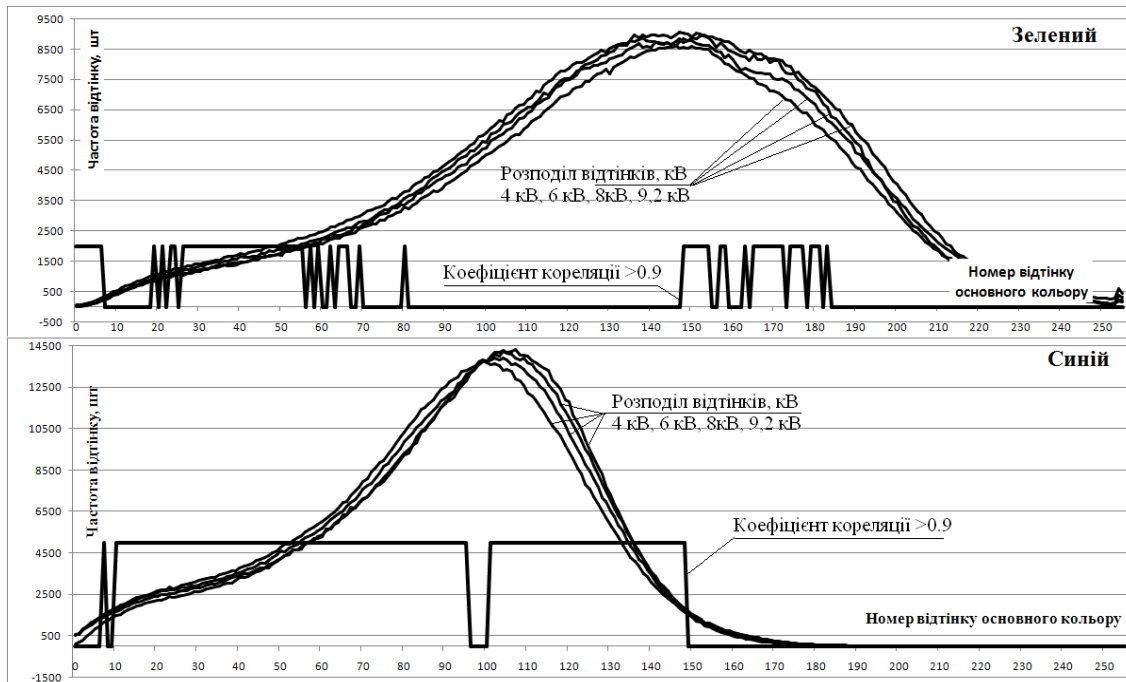


Рис. 2. Розподіл відтінків основних кольорів фотографій насінневого матеріалу в ультрафіолетовому опроміненні, при обробці аерозолію напругою 4, 6, 8 та 9,2 кВ

Таблиця 3 – Статистична оцінка розподілів відтінків основних кольорів RGB-моделі, обробленого насіння в ультрафіолетовому опроміненні.

Напруга, кВ	0	2	4	6	8	9,2	$r_{xy}$
Показник							
<b>Червоний</b>							
$\bar{x}$	3914	3914	3914	3914	3914	3914	-
Дисперсія	5039	5080	4977	5010	5038	4961	-0,56
Асиметрія	1,01	1,08	0,96	1,00	1,02	0,97	-0,41
Екссес	-0,41	-0,26	-0,56	-0,47	-0,42	-0,51	-0,44
<b>Зелений</b>							
$\bar{x}$	3914	3914	3914	3914	3914	3914	-
Дисперсія	2997	2987	2991	2988	2989	3101	0,56
Асиметрія	0,36	0,37	0,36	0,32	0,37	0,38	0,08
Екссес	-1,39	-1,40	-1,34	-1,40	-1,38	-1,39	0,06
<b>Синій</b>							
$\bar{x}$	3929	3914	3914	3914	3914	3929	-
Дисперсія	4560	4490	4473	4510	4543	4619	0,44
Асиметрія	1,00	1,02	0,96	0,96	1,00	1,01	-0,01
Екссес	-0,34	-0,30	-0,40	-0,42	-0,33	-0,32	-0,03

Примітка:  $\bar{x}$  - середє арифметичне;  $r_{xy}$  - коефіцієнт лінійної кореляції

Аналіз статистичних показників розподілів (табл. 4) не дозволяє виокремити основний колір та відзначити його як основний інформативний показник. У зв'язку з чим, прийнято рішення проаналізувати кожний відтінок, та за допомогою коефіцієнту лінійної кореляції [6] прийняти рішення про його інформативність (рис. 2). В результаті розрахунків червоний колір не мав відтінків, які мають коефіцієнт кореляції більше  $|0,8|$ . В свою чергу, зелений та синій кольори, мають достатньо велику кількість ділянок відтінків коефіцієнт кореляції, яких більше  $|0,9|$ . Очевидно, що для подальшого аналізу доцільно використовувати відтінки синього кольору у діапазоні від 10 до 150 (рис. 4).

Таблиця 4 – Значення коефіцієнтів рівнянь регресії та коефіцієнту лінійної кореляції

Напряга, кВ	4	6	8	9,2	Коефіцієнт лінійної кореляції
Відтінок					
$a_2$	-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

З візуального аналізу експериментальних даних можна припустити наявність параболічної залежності між розподілами. Враховуючи, що відтінки 70 та 130 мають максимальний приріст по частоті, то даний діапазон буде проаналізовано інструментами регресійного аналізу. Апроксимуємо експериментальні дані параболічною функцією [6]:

$$y_{x2} = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 \quad (1)$$

Коефіцієнти рівняння регресії визначаємо за методом найменших квадратів, для цього використовується відповідна система нормованих рівнянь [6]:

$$\begin{cases} a_0 \cdot n + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i + a_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i \\ a_0 \cdot \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^3 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i \\ a_0 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^3 + a_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^4 = \sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot y_i \end{cases} \quad (2)$$

Для аналізу використовуються середньоарифметичні значення відтінків за 4 пробами кожного дослід. Проби не мають статистично

значущих помилок за кожним відтинком, що визначалось за стандартною методикою по критерію Стьюдента

Для практичного використання необхідно визначити котрий з параметрів рівнянь регресії має найбільший коефіцієнт кореляції, що буде відповідати лінійній залежності між засміченністю 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 параболи:

$$\left( -\frac{a_1}{2a_2}; -\frac{4a_2 \cdot a_0 - a_1^2}{4a_2} \right). \quad (3)$$

Для дослідження технологічного процесу обробки насіння у хмарі електризованого аерозолі використано багатофакторний експеримент [6] з трьома факторами за повнофакторним планом (табл. 5):

- $x_1$  – напруга заряду аерозолі та зерна, кВ;
- $x_2$  – концентрація маркеру, мл/л;
- $x_3$  – подача зернового матеріалу, кг/с.

Зміну факторів приймаємо у діапазоні:

- $x_{1В}=9,2$  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  $y_u$  представлено номер відтинку, який відповідає координаті вершини апроксимуючої параболи на вісі абсцис

Розглянемо взаємодію факторів:

$$X_4=X_1 \cdot X_2, \quad X_5=X_1 \cdot X_3, \quad X_6=X_2 \cdot X_3, \quad X_7=X_1 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (4)$$

Таблиця 5 - Матриця БФЕ по результатам досліджень обробки зерна електроаерозолем розчину маркеру

№ <sub>u</sub>	Кодовані рівні змінних								Відклики				$\bar{y}_u$	$\tilde{y}_u$
	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	y <sub>u1</sub>	y <sub>u2</sub>	y <sub>u3</sub>	y <sub>u4</sub>		
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

Відповідно до плану експерименту (табл. 5), модель об'єкту будемо шукати у вигляді:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_3 \cdot X_3 + \beta_4 \cdot X_4 + \beta_5 \cdot X_5 + \beta_6 \cdot X_6 + \beta_7 \cdot X_7 \quad (5)$$

Визначення статистичної значущості оцінок. У цьому випадку також використовується критерій Стьюдента, розрахункове значення якого визначається за формулою:

$$t_p = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}, \quad (6)$$

де  $S_{b_i}$  – похибка оцінки  $b_i$ :

$$S_{b_i} = \frac{S_y}{\sqrt{N \cdot n}}. \quad (7)$$

$$t_p = \frac{|b_i| \cdot \sqrt{N \cdot n}}{S_y}, \quad (8)$$

$$t_{p0} = \frac{|105,0563| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 248,3; \quad t_{p1} = \frac{|1,86875| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 4,42;$$

$$t_{p2} = \frac{|2,11875| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 5; \quad t_{p3} = \frac{|-1,681| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 3,97;$$

$$t_{p4} = \frac{|0,306| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 0,723; \quad t_{p5} = \frac{|1,756| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 4,15;$$

$$t_{p6} = \frac{|1,256| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 2,96; \quad t_{p7} = \frac{|0,319| \cdot \sqrt{8 \cdot 4}}{2,393} = 0,754.$$

Згідно табличних значень критерію Стьюдента [6] маємо значення теоретичного критерію  $t_T(0,95; 8 \cdot (4-1))_T = 2,06$ .

Виходячи з умови  $t_p > t_T$ , то оцінка  $\beta_4$  та  $\beta_7$  є статистично незначущою. Тому остаточне рівняння регресії (5) у кодіваних факторах із урахуванням їх статистичної значущих

$$\tilde{y} = 105,0563 + 1,86875 \cdot X_1 + 2,11875 \cdot X_2 - 1,68125 \cdot X_3 + 1,75625 \cdot X_5 + 1,25625 \cdot X_6 \quad (9)$$



Перехід до фізичних факторів:

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{x_1 - x_{1_0}}{I_1} = \frac{x_1 - 8,4}{0,8} = 1,25x_1 - 10,5; \\ X_2 &= \frac{x_2 - x_{2_0}}{I_2} = \frac{x_2 - 60}{20} = 0,05x_2 - 3; \\ X_3 &= \frac{x_3 - x_{3_0}}{I_3} = \frac{x_3 - 0,15}{0,05} = 20x_3 - 3. \end{aligned} \quad (10)$$

Рівняння регресії у фізичних факторах із урахування статистично значущих факторів, які взаємодіють

$$\begin{aligned} y &= 150,7501 - 4,25 \cdot x_1 - 0,0825 \cdot x_2 - \\ &- 477,813 \cdot x_3 + 43,90625 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1,25625 \cdot x_2 \cdot x_3. \end{aligned} \quad (11)$$

Побудований графік функції за трьома змінними вказує на складний нелінійний зв'язок між параметрами, що обумовлено взаємодією між електричними зарядами часток різної форми.

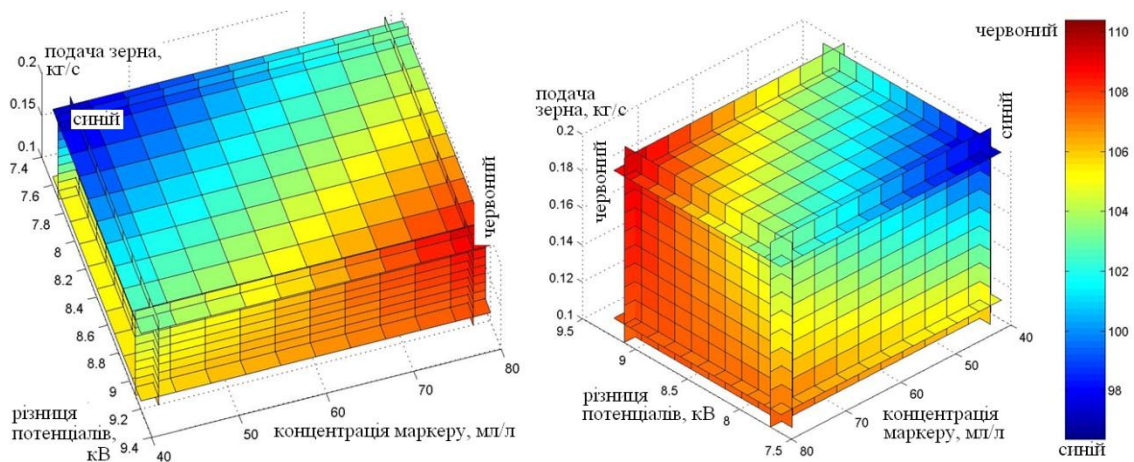


Рис. 3. Залежність вершини параболу відтінку синього кольору від  $x_1$ ,  $x_2$  та  $x_3$

У діапазоні продуктивності  $0,1 \dots 0,2$  кг/с насіння та зміни напруги заряду 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 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

*Висновки.* Аналізуючи дані отримані при вирішенні рівнянь регресії, які складені для різної напруги зарядження аерозолу та зерна, можна стверджувати про наявність стабільного жорсткого зв'язку між величиною заряду аерозолу та наплення робочого розчину на насіння, оскільки їх значення наближені до 1. Для отримання більш достовірної інформації про стан зв'язку доцільно використовувати координати вершини параболі лінійні рівняння регресії, оскільки коефіцієнти даних рівнянь мають значення майже 1 (0,987; 0,997).

Розроблена методика у перше дозволяє впровадити апаратний спосіб контролю режимів роботи оприскувачів як при заряджанні аерозолу робочого розчину так і без заряду.

Сталий режим роботи технологічного процесу обробки електризованого насіння зернових 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.

Розроблена методика у перше дозволяє впровадити апаратний спосіб контролю режимів роботи оприскувачів як при заряджанні аерозолу робочого розчину так і без заряду.

#### Література:

1. *Діордієв В. Т.* Математичний апарат для аналізу графічного зображення пшениці / *В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов, Л. Г. Шляхова* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. - Вип. 8, том 5. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С. 119-124.
2. *Курна М.Я.* Якість та особливості підготовки насіння до сіви для отримання врожаю 2015 / *М.Я. Курна* // Хранение и переработка зерна. – 2016. – Вип. №2 (191). – С. 25-27
3. Методические указания по определению качества протравливания семян зерновых и технических культур пестицидами. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. - 92 с.
4. *Митропольский А.К.* Техника статистических вычислений. – М.: Физматгиз, 1961. – 480 с.
5. *Новіков Г. В.* Обґрунтування конструкції електротехнічного комплексу передпосівної обробки зернових з використанням електроаерозолів / *Діордієв В. Т., Новіков Г. В.* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 165 "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХНТУСГ, 2015. – С. 89-90.
6. *Опря А. Т.* Математична статистика / *А. Т. Опря.* - К.: Урожай, 1994с – 208 с.

7. Пахомов А. И. Комбинированная технология обеззараживания зерна / А.И. Пахомов // Хранение и переработка зерна. – 2016. Вып. №2 (199). – С. 27-29

8. Пахомов А. И. Есть альтернатива химическому протравливанию? / А.И. Пахомов // Хранение и переработка зерна. – 2016. Вып. №1 (198). – С. 48-50

9. Шпаар Д. и др. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование)/ Под общей редакцией Д. Шпаара. – М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008 – 656 с.

## **АПАРАТНЫЙ СПОСОБ АНАЛИЗА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ОБРАБОТКУ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ АЭРОЗОЛЕМ РАБОЧЕГО РАСТВОРА**

Диордиев В.Т., Новиков Г.В.

**Аннотация** - в работе представлены результаты экспериментальных исследований взаимодействия электризованного аэрозоля и электризованного зерна. Описана методика эксперимента. Обоснованно критерий оценки взаимодействия. Приведены результаты полно-факторного эксперимента влияния подачи зерна, разности потенциала и содержания маркера.

## **A METHOD FOR DETERMINING THE INFLUENCE OF ELECTRIC FIELD ON SEED TREATMENTS OF GRAIN AEROSOL OF A LIQUID SOLUTION**

V. Diordiev, G. Novikov

### ***Summary***

**We present the results of experimental studies of the interaction of electrified aerosol and electrified grain. Described the experimental procedure. Proved criteria evaluation of the interaction. The results of full-factorial experiment the effect of filing grains, the difference between the potential and the content marker**