

УДК 621.3: 631.53.027.33

АНАЛІЗ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗНЕЗАРАЖУЮЧОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНОВОЇ МАСИ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ ВИСОКОЇ НАПРУЖЕНОСТІ ЗМІННОГО СТРУМУ

О.М. Берека, А.В. Жильцов, доктори технічних наук

С.М. Усенко, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розглянуто питання проходження струму зміщення в зерновій масі, як складової режимних параметрів, при знезаражуючій обробці в електричному полі високої напруженості змінного струму. Встановлено математичні залежності для визначення напруженості поля та густини струму зміщення в зерновій масі, що знаходиться під дією електричного поля високої напруженості і відділена від електродів діелектричними пластинами.

Електричне поле високої напруженості, струм зміщення, густина струму, напруженість поля, зернова маса, діелектрична проникність, питома електропровідність.

При знезаражуючій обробці зернових в електричному полі високої напруженості, коли матеріал, що обробляється, знаходиться безпосередньо між високовольтними електродами, одним із основних параметрів режиму обробки є розрядні процеси в повітряних включеннях зернової маси. Розрядні процеси супроводжуються іонізаційними, що призводить до проходження електрохімічних реакцій утворення озону. Озон, як відомо, є одним із найсильніших природних окислювачів. Окислювальний потенціал озону складає 2,07 еВ (для порівняння у фтору 2,4 еВ, а у хлора 1,7 еВ). За даними різних авторів, високі бактерицидні властивості озону проявляються при концентрації від 0,3...0,5 мг/л до 1,2...1,7 мг/л [1, 2, 3]. Обробка зерна

озонованим повітрям з концентрацією озону 2 мг/л і 30 хвилинній експозиції, практично стерилізує зернову масу від всіх видів мікроорганізмів [4].

Технологія знезаражуючої обробки передбачає застосування електричного поля високої напруженості змінного струму. При використанні змінних електричних полів, на відміну від постійних [5], необхідно враховувати струм зміщення, який може суттєво впливати на розподіл поля в багат шаровому діелектрику і відповідно розрядні процеси.

В початковий момент часу, коли на електродах з'являється напруга, і до досягнення нею певного пробивного значення, в зерновій масі протікатиме струм зміщення. Коли значення напруги сягне пробивного, в повітряних включеннях почнуть проходити розрядні процеси, після чого струм, який протікає через зернову масу міститиме дві складові: струм зміщення та розрядний струм. Для подальшого розвитку технологій знезаражуючої обробки зернових із застосуванням електричних полів високої напруженості змінного струму важливо встановити залежності для розрахунку напруженості поля та струму в шарах при початкових напругах, тобто коли в зерновій масі протікає лише струм зміщення.

Мета дослідження — встановити залежності для визначення напруженості поля та густини струму зміщення в зерновій масі, що знаходиться під дією електричного поля високої напруженості змінного струму і відділена від електродів діелектричними пластинами.

Матеріали та методика досліджень. Зернова маса, що обробляється, знаходиться під дією електричного поля високої напруженості і відділена від електродів діелектричними пластинами. Тому її можна представити, як багат шаровий діелектрик (рис).

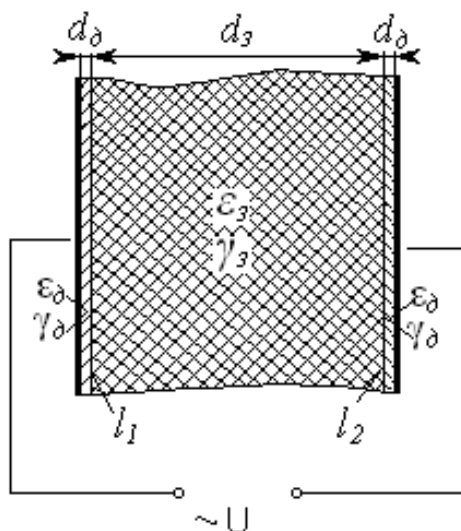


Рис. Багатошаровий діелектрик (зернова маса-діелектричні пластини) в електричному полі:

$\epsilon_\delta, \gamma_\delta, d_\delta, \epsilon_3, \gamma_3, d_3$ – діелектрична проникність, питома електропровідність, товщина діелектричних пластин та зернової маси

Результати досліджень. Припустимо, що багатошаровий діелектрик не є ідеальним, тобто його електрофізичні характеристики визначаються діелектричною проникністю та питомою електропровідністю. Геометричні розміри вздовж пластин вважаємо набагато більшими ніж відстань між пластинами тоді електричне поле між ними можемо вважати однорідним.

У початковий момент часу, тобто коли на електродах з'явиться початкова густина заряду, напруженість електричного поля в діелектричних пластинах E_δ^0 та зерновій масі E_3^0 розподілиться відповідно діелектричним проникностям:

$$\frac{E_\delta^0}{E_3^0} = \frac{\epsilon_3}{\epsilon_\delta}. \quad (1)$$

Однак, внаслідок різної питомої електропровідності та діелектричної проникності шарів розподіл поля одразу почне змінюватись. Густина струму у діелектричних пластинах j_δ та зерновій масі j_3 визначатиметься за законом Ома:

$$j_\delta = \gamma_\delta E_\delta + \epsilon_\delta \frac{dE_\delta}{dt} \quad \text{та} \quad j_3 = \gamma_3 E_3 + \epsilon_3 \frac{dE_3}{dt}. \quad (2)$$

Для того, щоб визначити напруженість електричного поля у кожному шарі і загальний струм, використаємо умову безперервності повного струму [6].

Рівняння для визначення повного струму на границях між зерною масою та діелектричними пластинами матиме вигляд:

$$j = \gamma_o E_o + \varepsilon_o \frac{dE_o}{dt} = \gamma_z E_z + \varepsilon_z \frac{dE_z}{dt} \quad \text{на } l_1, l_2, \quad (3)$$

де l_1, l_2 – границі між діелектричними пластинами та зерною масою (рис).

Залежність напруженості електричного поля в кожному шарі від часу можна представити наступними виразами [6]:

$$\dot{E}_a = \dot{E}_{am} e^{i\omega t} \quad \text{та} \quad \dot{E}_z = \dot{E}_{zm} e^{i\omega t}, \quad (4)$$

де $i = \sqrt{-1}$ – уявна одиниця; ω – кутова частота, с^{-1} ; t – час, с .

При цьому слід мати на увазі, що $\dot{E}_{dm}$ та $\dot{E}_{zm}$ величини комплексні і повинні розглядатися залежними від часу. Не можна завчасно передбачити, як будуть змінюватись напруженість поля в кожному шарі з часом, але очевидно, що ці зміни будуть складніші чим періодичні зміни прикладеної напруги. Ми можемо це стверджувати на основі явищ, що проходять в багат шаровому конденсаторі з провідністю діелектричних шарів між його обкладинками при постійній напрузі [7]. Крім того, необхідно передбачити можливий зсув фаз між напруженістю поля в шарі і напругою, що прикладена до електродів, тому $\dot{E}_{dm}$ і $\dot{E}_{zm}$ слід вважати комплексними.

Інше рівняння, яке разом з виразом (3) дає можливість визначити залежність $\dot{E}_o$ і $\dot{E}_z$ від часу при вмиканні напруги, може бути представлено у вигляді:

$$\dot{U}_m e^{i\omega t} = 2\dot{E}_{dm} e^{i\omega t} d_o + \dot{E}_{zm} e^{i\omega t} d_z \quad (5)$$

або

$$\dot{U}_m = 2\dot{E}_{dm} d_o + \dot{E}_{zm} d_z, \quad (6)$$

де $\dot{U}_m$ – комплексна амплітуда напруги, В; ω – кругова частота; $i = \sqrt{-1}$.

Після підстановки в рівняння (3) виразів (4) для $\dot{E}_o$ та $\dot{E}_z$ отримаємо наступне диференціальне рівняння:

$$\gamma_o \dot{E}_{dm} e^{i\omega t} + \varepsilon_o i \omega \dot{E}_{dm} e^{i\omega t} + \varepsilon_o \frac{d\dot{E}_{dm}}{dt} e^{i\omega t} = \gamma_z \dot{E}_{zm} e^{i\omega t} + \varepsilon_z i \omega \dot{E}_{zm} e^{i\omega t} + \varepsilon_z \frac{d\dot{E}_{zm}}{dt} e^{i\omega t}. \quad (7)$$

В цьому рівнянні члени $\varepsilon_o i \omega \dot{E}_{dm} e^{i\omega t}$ і $\varepsilon_z i \omega \dot{E}_{zm} e^{i\omega t}$ є комплексними виразами густини ємнісних струмів, що обумовлені періодичними змінами прикладеної

напруги. Члени $\varepsilon_{\partial} \frac{dE_{\partial m}}{dt} e^{i\omega t}$ та $\varepsilon_{\varsigma} \frac{dE_{\varsigma m}}{dt} e^{i\omega t}$ являються комплексними виразами густини ємнісних струмів, що обумовлені зміною напруженості електричного поля в шарах із-за перерозподілу поля.

Розділивши вираз (7) на $e^{i\omega t}$ і здійснивши перетворення, отримуємо:

$$\dot{j} = (\gamma_{\partial} + i\omega\varepsilon_{\partial})\dot{E}_{\partial m} + \varepsilon_{\partial} \frac{d\dot{E}_{\partial m}}{dt} = (\gamma_{\varsigma} + i\omega\varepsilon_{\varsigma})\dot{E}_{\varsigma m} + \varepsilon_{\varsigma} \frac{d\dot{E}_{\varsigma m}}{dt}. \quad (8)$$

Коефіцієнти при $\dot{E}_{\partial m}$ та $\dot{E}_{\varsigma m}$ – це комплексні значення повної провідності шарів при змінній напрузі або комплексній провідності:

$$\bar{\gamma}_{\partial} = \gamma_{\partial} + i\omega\varepsilon_{\partial} \quad \text{та} \quad \bar{\gamma}_{\varsigma} = \gamma_{\varsigma} + i\omega\varepsilon_{\varsigma}. \quad (9)$$

Таким чином, рівняння (8) запишеться у вигляді:

$$\bar{\gamma}_{\partial} \dot{E}_{\partial m} + \varepsilon_{\partial} \frac{d\dot{E}_{\partial m}}{dt} = \bar{\gamma}_{\varsigma} \dot{E}_{\varsigma m} + \varepsilon_{\varsigma} \frac{d\dot{E}_{\varsigma m}}{dt}. \quad (10)$$

Із рівняння (6) знаходимо:

$$\dot{E}_{\varsigma m} = \frac{\dot{U}_m - 2\dot{E}_{\partial m}d_{\partial}}{d_{\varsigma}}. \quad (11)$$

Підставивши отримане значення $E_{\varsigma m}$ в (10), отримуємо наступне диференціальне рівняння:

$$(\bar{\gamma}_{\partial}d_{\varsigma} + 2\bar{\gamma}_{\varsigma}d_{\partial})\dot{E}_{\partial m} + (\varepsilon_{\partial}d_{\varsigma} + 2\varepsilon_{\varsigma}d_{\partial})\frac{d\dot{E}_{\partial m}}{dt} = \bar{\gamma}_{\varsigma}\dot{U}_m. \quad (12)$$

Рішення рівняння (12) шукаємо у вигляді $\dot{E}_{\partial m} = \dot{E}_{\partial m}^{zp} + \dot{E}_{\partial m}^{np}$, де $\dot{E}_{\partial m}^{zp}$ – загальне рішення однорідного диференціального рівняння, що відповідає рівнянню (12); $\dot{E}_{\partial m}^{np}$ – приватне рішення диференціального рівняння (12).

Загальне рішення $\dot{E}_{\partial m}^{zp}$ шукаємо у вигляді

$$\dot{E}_{\partial m}^{zp} = Ae^{pt}, \quad (13)$$

де A – поки ще невідома константа; p – параметр перехідного процесу.

Записуємо характеристичне рівняння:

$$(\bar{\gamma}_{\partial}d_{\varsigma} + 2\bar{\gamma}_{\varsigma}d_{\partial})\dot{E}_{\partial m} + (\varepsilon_{\partial}d_{\varsigma} + 2\varepsilon_{\varsigma}d_{\partial}) \cdot p = 0. \quad (14)$$

Звідки знаходимо параметр перехідного процесу:

$$p = -\frac{\bar{\gamma}_{\partial}d_{\varsigma} + 2\bar{\gamma}_{\varsigma}d_{\partial}}{\varepsilon_{\partial}d_{\varsigma} + 2\varepsilon_{\varsigma}d_{\partial}}. \quad (15)$$

Для знаходження постійної A використовуємо вираз (6), який запишемо для часу $t=0$:

$$U_m^{(0)} = 2\dot{E}_{\partial m}^{(0)}d_{\partial} + \dot{E}_{zm}^{(0)}d_z. \quad (16)$$

Враховуючи те, що

$$\varepsilon_{\partial}\dot{E}_{\partial m}^{(0)} = \varepsilon_z\dot{E}_{zm}^{(0)}, \quad (17)$$

з рівняння (16) знаходимо початкове значення для напруженості електричного поля в діелектричній пластині

$$\dot{E}_{\partial m}^{(0)} = \frac{\varepsilon_z \dot{U}_m}{\varepsilon_{\partial}d_z + 2\varepsilon_z d_{\partial}}. \quad (18)$$

Для знаходження приватного рішення диференційного рівняння (12) розглянемо момент часу $t=\infty$. В цьому випадку відповідно до умови безперервності повного струму, запишемо:

$$\dot{j}_{\partial m} = \dot{j}_{zm} \text{ на } l_1, l_2, \quad (19)$$

де $\dot{j}_{\partial m}$ та $\dot{j}_{zm}$ – густина комплексної амплітуди повного струму в діелектричних пластинах та зерновій масі.

Враховуючи, що повний струм у квазістаціонарному режимі визначається за формулою $\dot{j}_m = \gamma \dot{E}_m + i\omega \varepsilon \vec{E}_m$, граничні умови (19) запишемо у вигляді:

$$(\gamma_{\partial} + i\omega \varepsilon_{\partial})\dot{E}_{\partial m}^{np} = (\gamma_z + i\omega \varepsilon_z)\dot{E}_{zm}^{np} \text{ на } l_1, l_2, \quad (20)$$

або

$$\bar{\gamma}_{\partial}\dot{E}_{\partial m}^{np} = \bar{\gamma}_z\dot{E}_{zm}^{np} \text{ на } l_1, l_2, \quad (21)$$

де $\dot{E}_{\partial m}^{np}$ та $\dot{E}_{zm}^{np}$ – комплексна амплітуда напруженості електричного поля в діелектричних пластинах та зерновій масі для усталеного режиму.

Користуючись граничними умовами (21) і співвідношенням (6), знаходимо напруженість електричного поля в усталеному режимі, тобто приватне рішення рівняння (12):

$$\dot{E}_{\partial m}^{np} = \frac{\bar{\gamma}_z \dot{U}_m}{2\bar{\gamma}_z d_{\partial} + \bar{\gamma}_{\partial} d_z}. \quad (22)$$

Таким чином, напруженість електричного поля в діелектричній пластині визначається за виразом:

$$\dot{E}_{\partial m}(t) = Ae^{pt} + \dot{E}_{\partial m}^{np}. \quad (23)$$

Знайдемо комплексну константу A із початкової умови (18):

$$\frac{\varepsilon_3 \dot{U}_m}{2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3} = A + \dot{E}_{\partial m}^{np}. \quad (24)$$

Звідки:

$$\begin{aligned} A &= \frac{\varepsilon_3 \dot{U}_m}{2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3} - \frac{\bar{\gamma}_3 \dot{U}_m}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3} = \frac{2\bar{\gamma}_3 d_\partial \varepsilon_3 + \bar{\gamma}_\partial d_3 \varepsilon_3 - 2\bar{\gamma}_3 d_\partial \varepsilon_\partial - \bar{\gamma}_3 d_3 \varepsilon_\partial}{(2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3)(2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3)} \dot{U}_m = \\ &= \frac{\bar{\gamma}_\partial d_3 \varepsilon_3 - \bar{\gamma}_3 d_3 \varepsilon_\partial}{(2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3)(2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3)} \dot{U}_m. \end{aligned} \quad (25)$$

Таким чином, комплексна амплітуда напруженості електричного поля у діелектричних пластинах знаходиться так:

$$\dot{E}_{\partial m} = \frac{(\bar{\gamma}_\partial \varepsilon_3 - \bar{\gamma}_3 \varepsilon_\partial) d_3 \dot{U}_m}{(2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3)(2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3)} \exp\left[\frac{\bar{\gamma}_\partial d_3 + 2\bar{\gamma}_3 d_\partial}{2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3} t\right] + \frac{\bar{\gamma}_3 \dot{U}_m}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3}. \quad (26)$$

Далі, використовуючи співвідношення (5) знаходимо:

$$\dot{E}_{3m} = \frac{(-\bar{\gamma}_\partial \varepsilon_3 + \bar{\gamma}_3 \varepsilon_\partial) 2d_\partial \dot{U}_m}{(2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3)(2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3)} \exp\left[\frac{\bar{\gamma}_\partial d_3 + 2\bar{\gamma}_3 d_\partial}{2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3} t\right] + \frac{\bar{\gamma}_\partial \dot{U}_m}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3}. \quad (27)$$

Переходимо до рівнянь для визначення миттєвих значень напруженості електричного поля $\dot{E}_\partial$ і $\dot{E}_3$:

$$\dot{E}_\partial = \frac{(\varepsilon_3 \gamma_\partial - \varepsilon_\partial \gamma_3) d_3 \dot{U}_m}{(2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3)(2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3)} \exp\left[-\frac{\bar{\gamma}_\partial d_3 + 2\bar{\gamma}_3 d_\partial}{2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3} t + j\omega t\right] + \frac{\bar{\gamma}_3 \dot{U}_m e^{j\omega t}}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3}; \quad (28)$$

$$\dot{E}_3 = \frac{(\gamma_3 \varepsilon_\partial - \gamma_\partial \varepsilon_3) 2d_\partial \dot{U}_m}{(2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3)(2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3)} \exp\left[-\frac{\bar{\gamma}_\partial d_3 + 2\bar{\gamma}_3 d_\partial}{2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3} t + j\omega t\right] + \frac{\bar{\gamma}_\partial \dot{U}_m e^{j\omega t}}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3}.$$

Показник степеню e у виразі (28) можна представити у вигляді:

$$-\frac{t(\bar{\gamma}_\partial d_3 + 2\bar{\gamma}_3 d_\partial)}{2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3} + j\omega t = -\frac{(\gamma_\partial d_3 + 2\gamma_3 d_\partial)t}{2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3}.$$

Таким чином, постійна часу τ дорівнює:

$$\tau = \frac{2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3}{\gamma_\partial d_3 + 2\gamma_3 d_\partial}. \quad (29)$$

У результаті, напруженості поля $\dot{E}_\partial$ та $\dot{E}_3$ в будь-який момент часу, при змінній напрузі, виражаються наступним чином:

$$\dot{E}_{\partial m} = \frac{(\varepsilon_3 \gamma_\partial - \varepsilon_\partial \gamma_3) d_3 \dot{U}_m}{(2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3)(2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3)} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{\bar{\gamma}_3 \dot{U}_m e^{j\omega t}}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3}; \quad (30)$$

$$\dot{E}_{zm} = \frac{(\gamma_3 \varepsilon_\partial - \gamma_\partial \varepsilon_3) 2d_\partial \dot{U}_m}{(2\varepsilon_3 d_\partial + \varepsilon_\partial d_3)(2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3)} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{\bar{\gamma}_\partial \dot{U}_m e^{j\omega t}}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3}. \quad (31)$$

Густину струму, що проходить через зернову масу, можна отримати підставивши вираз (28) в рівняння (3):

$$\dot{j}_3 = \frac{2d_\partial (\varepsilon_3 \gamma_\partial - \varepsilon_\partial \gamma_3)^2 d_3 \dot{U}_m}{(\varepsilon_\partial d_3 + 2\varepsilon_3 d_\partial)^2 (\bar{\gamma}_\partial d_3 + 2\bar{\gamma}_3 d_\partial)} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{\bar{\gamma}_\partial \bar{\gamma}_3 \dot{U}_m e^{j\omega t}}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3}. \quad (32)$$

Відносна діелектрична проникність зернової маси, вологістю 12 – 17 %, лежить в діапазоні $\varepsilon_3 \in [3; 10]$, а питома електропровідність – $\gamma_3 \in [2 \cdot 10^{-9}; 4 \cdot 10^{-6}]$ См/м [18]; відповідно для діелектричних пластин вказані характеристики лежать в діапазоні $\varepsilon_\partial \in [2; 8]$, $\gamma_3 \in [10^{-17}; 10^{-10}]$ См/м, при цьому товщина діелектричних пластин $d_\partial \in [0,25; 2]$ мм, а товщина шару зернової маси $d_\partial \in [26; 30]$ мм. При таких значеннях першим доданком у співвідношеннях (30) і (31) можна знехтувати. Тоді напруженість електричного поля в області зерна і діелектричних пластин може бути знайдено наступним чином:

$$\dot{E}_\partial = \frac{\bar{\gamma}_3 \dot{U}_m e^{j\omega t}}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3}; \quad (33)$$

$$\dot{E}_3 = \frac{\bar{\gamma}_\partial \dot{U}_m e^{j\omega t}}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3}, \quad (34)$$

а густина струму:

$$\dot{j}_{zm} = \frac{\bar{\gamma}_\partial \cdot \bar{\gamma}_3 \dot{U}_m e^{j\omega t}}{2\bar{\gamma}_3 d_\partial + \bar{\gamma}_\partial d_3}. \quad (35)$$

Співвідношення (33) і (34) дозволяють визначити напругу $\dot{U}_m$ на електродах камери обробки необхідну для забезпечення режимних параметрів обробки зернової маси. Однак, враховуючи різноманітність форм зернин, їх хаотичне взаємне розташування у зоні обробки, широких діапазонів зміни питомої електропровідності та діелектричної проникності, які можливо визначити лише експериментальним шляхом, зазначені співвідношення дозволяють дати лише оцінку напруги та струму зміщення для встановлення режимних параметрів.

Висновки

У результаті проведених досліджень обґрунтовано проходження струму зміщення в зерновій масі при знезаражуючій обробці в електричному полі високої напруженості та встановлено його вплив на режимні параметри. Встановлені математичні залежності напруженості поля в шарах та густини струму дозволяють давати оцінку режимних параметрів.

Список літератури

1. Кривопишин И. П. Действие озона на микроорганизмы / И. П. Кривопишин, Ю. В. Исаев // Труды ВНИТИП. – М. : ВНИТИП, 1974. – Т. 38. – С. 32 – 37.
2. Горбунов Н. Н. Предпосевное озонирование семян зерновых, технических и овощных культур, озонирование при хранении зерна / Н. Н. Горбунов; Сб. реф. н.-и. работ, выполн. по грантам администрации Воронеж. обл. – Воронеж, 1994. – С. 79 – 80.
3. Кривопишин И. П. Озон в промышленном птицеводстве / И. П. Кривопишин. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 2-е изд. – 176 с.
4. Горський И. В. Обработка семян пшеницы озонированным воздухом: дис. канд. техн. наук: 05.20.02 / И. В. Горський. – М., 2004. – 202 с.
5. Берека О. М. Розрядні процеси в насіннєвій масі під дією сильного електричного поля постійного струму / О. М. Берека, С. М. Усенко // Наук. вісн. НУБіП України. – 2012. – Вип. 174. Ч1. – С. 14–19.
6. Сканава Г. И. Физика диэлектриков (область слабых полей) / Г. И. Сканава – М.-Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. – 500 с.
7. Сканава Г. И. Физика диэлектриков (область сильных полей) / Г. И. Сканава – М.: Изд-во «Физико–математической литературы», 1958. – 907 с.
8. Берека О. М. Дослідження питомої електропровідності насіннєвої маси в електричних полях високої напруги / О. М. Берека // Праці Таврійського держ. агротехн. ун-ту. – Мелітополь, 2008. – Т. 7, Вип. 8. – С. 213 – 217.

Рассмотрены вопросы прохождения тока смещения в зерновой массе, как составляющей режимных параметров, при обеззараживающей обработке в электрическом поле высокой напряженности переменного тока. Установлены математические зависимости для определения напряженности поля и плотности тока смещения в зерновой массе, находящейся под действием электрического поля высокой напряженности и отделена от электродов диэлектрическими пластинами.

Электрическое поле высокой напряженности, ток смещения, плотность тока, напряженность поля, зерновая масса, диэлектрическая проницаемость, удельная электропроводность.

The problem of current displacement in the grain mass as a component of operating conditions, for disinfecting treatment in an electric field of high intensity AC. Established Mathematical formulas for determining the strength of the field and current density in the grain mass displacement, under the influence of an electric field of high intensity and is separated from the electrode dielectric plates.

The electric field of high intensity, bias current, current density, field strength, grain weight, dielectric constant, electrical conductivity.