

їх недоліків. Для повороту растрових і векторних символів використано метод синусно-косинусних перетворень.

**Ключові слова:** лінійно-обертальне переміщення, складний символ об'єкта, спотворення образу, метод синусно-косинусних перетворень, афінні перетворення

## SOFTWARE IMPLEMENTATION LINE-ROTATIONAL MOVEMENT OF COMPLEX CHARACTERS MOVING OBJECTS BASED AFFINE TRANSFORMATIONS

*M. Vasyuhin, A. Kasim, V. Dolyunny, V. Trokhymenko*

*The problems of generating linear movement of the movable object of a complex character on the pitch, as well as its rotation by a specific angle. Describes current methods of organizing a combined linear and rotational movement of the complex character of the object, made an assessment of their shortcomings. To rotate raster and vector characters used method of sine-cosine transforms.*

**Keywords:** line-rotational movement, complex character of the object, the distortion of the image, the method of sine-cosine transformations, affine transformations

УДК 621.314

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ СТРУКТУРИ ПОВЕРХНІ ЗЕРНИНИ НА РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

*К.В. Дубовенко, доктор технічних наук*

*Д.О. Захаров, асистент*

*Миколаївський національний аграрний університет*

*e-mail: zakharov.dim@gmail.com*

*Для визначення умов генерації озону коронним розрядом в об'ємі зернової маси проаналізовано структуру поверхні зернівок злакових культур. Обґрунтовано, що наявність неоднорідностей їх поверхні впливає на характеристики розподілу електричного поля в міжзернинних проміжках насипного збіжжя. Показано, що велика кількість неоднорідностей на поверхні зернівки пшениці призводить до значного підсилення напруженості електричного поля та об'єму області його збурення.*

**Ключові слова:** структура поверхні, насипне зерно, напруженість електричного поля

Нині актуальним є питання підвищення ефективності та зменшення собівартості знезараження зернової продукції. Одним із способів

зnezараження зернових є обробка озоном, який утворюється внаслідок проходження плазмохімічних реакцій, викликаних коронними розрядами в об'ємі зернової маси [1]. Проте для аналізу кількісних та якісних характеристик утворення озону в зерновій масі необхідно враховувати особливості структури поверхні зернівок, зокрема наявність мікровиступів на поверхні з урахуванням їх взаємного розташування.

У роботі [4] показано, що відстань між зернинами та радіус округлення поверхні зернин суттєво впливає на розподіл характеристик електричного поля в міжзернинному просторі. Публікація [8] присвячена дослідженню будови зернівок пшениці. Проте слід зазначити, що в цих роботах не приділено достатньої уваги визначенню геометричних розмірів неоднорідностей на поверхні зернівок, наявність яких, зокрема, є характерною і для пшениці. Дослідження розмірів мікровиступів є необхідним, оскільки в роботах [6, 7] доведено, що наявність мікровиступів та мікровключень суттєво впливає на значення напруженості електричного поля та неоднорідність його розподілу у просторі. На основі цих робіт можна зробити припущення, що наявність неоднорідностей на поверхні зернини сприяє розвитку коронних розрядів в об'ємі зернової маси.

**Мета досліджень** – визначення геометричних розмірів мікрровиступів на поверхні зернівок пшениці, з'ясування впливу мікрровиступів на розподіл характеристик електричного поля в зерновій масі.

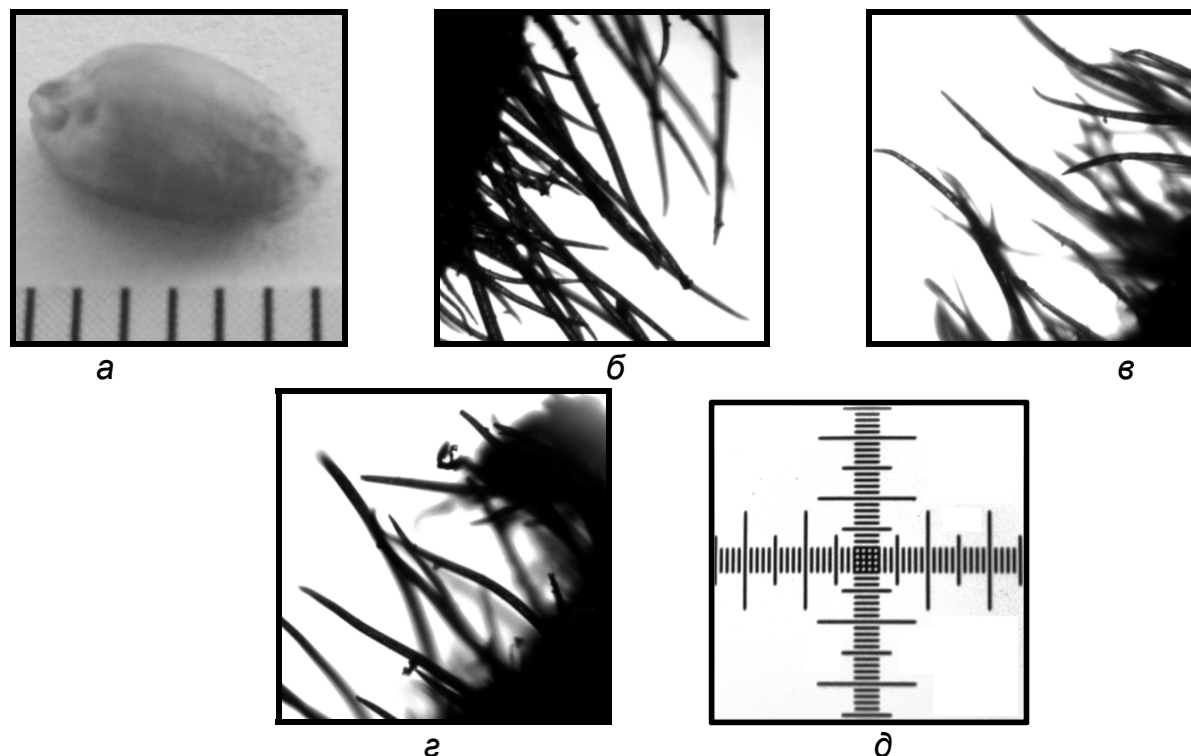
**Матеріали та методика досліджень.** Для визначення характеру неоднорідності поверхні зернівок пшениці у роботі використано мікроскоп MICROMED XS-2610 з цифровою фотокамерою MICROmed® 3.0 Mega CMOS. Отримані фотографії (рис. 1, а-г) проаналізовано за допомогою програми TSVIEW, яка надається в комплектації камери, та калібрувального скла (рис. 1, д) з ціною поділки 0,01 мм. Для отримання достовірних даних виконано вибірку зерен та проведено ряд вимірювань, які свідчать про те, що неоднорідності на поверхні зернини мають форму, близьку до циліндричної, з середнім діаметром близько 0,012 мм, довжиною 0,35 – 0,6 мм, середньою відстанню між ними 0,04 – 0,06 мм.

Для аналізу впливу наявності неоднорідностей на поверхні зернини на розподіл напруженості електричного поля в першому наближенні запропоновано використати усереднені значення розмірів неоднорідностей: довжина 0,42 мм, діаметр 0,012 мм та прийнято середню відстань між неоднорідностями 0,05 мм.

Для визначення впливу неоднорідностей на характер розподілу напруженості електричного поля в міжзернинному проміжку потрібно розв'язати проблему теорії електричного поля. Її можна сформулювати як знаходження функції скалярного потенціалу, що задовольняє еліптичному рівнянню в часткових похідних другого порядку (1) в циліндричній системі координат:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \varepsilon \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \varepsilon \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) = 0, \quad (1)$$

де  $\varepsilon$  – відносна діелектрична проникність середовища;  $r, z$  – відповідно радіальна та аксіальна координата.



**Рис. 1. Фотографії, зроблені за допомогою мікроскопа MICROMED XS-2610:**

а – зовнішній вигляд зернівки на фоні вимірювальної шкали з ціною поділки 1 мм; б,в,г – приклади реєстрації мікровиступів на поверхні зернівок пшениці зі збільшенням в 40 разів; д – фото калібрувального скла з ціною поділки 0,01 мм при збільшенні в 40 разів

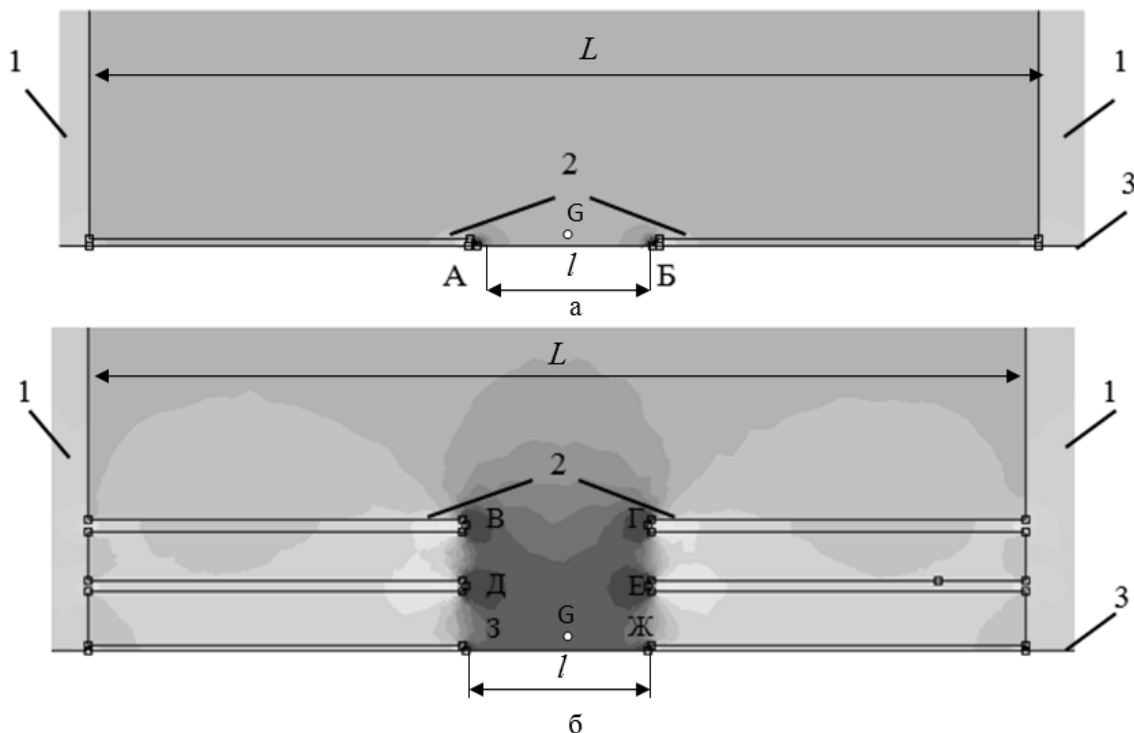
За відомим розподілом потенціалу вектор напруженості електричного поля  $E$  та її модуль визначаються з використанням рівнянь (2), (3):

$$\vec{E} = -grad\phi = -\left( r\vec{i} \frac{\partial\phi}{\partial r} + \vec{j} \frac{\partial\phi}{\partial z} \right); \quad (2)$$

$$|E| = \left[ \left( \frac{\partial\phi}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{\partial\phi}{\partial z} \right)^2 \right]^{0.5}. \quad (3)$$

**Результати досліджень.** Для вирішення поставленого завдання застосовано програмне забезпечення FEMM 4.2. Пакет програм функціонує на основі методу кінцевих елементів [5]. Його успішно використовували для аналізу роботи різних вузлів високовольтного устаткування [3]. На рис. 2 наведено розрахункові області, які містять фрагменти об'єму зернин пшениці 1 із неоднорідностями 2 та розподіл напруженості електричного поля в міжзернинному проміжку з одним мікровиступом на зернині (рис. 2, а) та групою мікровиступів на поверхні зерен (рис. 2, б). Результати моделювання розподілу напруженості електричного поля свідчать про те, що при збільшенні кількості

мікрориступів зростає середнє значення напруженості електричного поля та об'єм області з підвищеною напруженістю. Так, із рис. 3 видно, що напруженість електричного поля є найбільшою біля самого мікрориступу, що пояснюється високою неоднорідністю електричного поля в цій зоні. На вістрях мікрориступів напруженість електричного поля втричі перевищує фонові значення. Також слід зазначити, що характер напруженості електричного поля між електродами залежить від їх кількості та розташування (див. рис. 3).



**Рис. 2. Фрагмент розрахункової області між зернівками:**

а – з одним мікрориступом на кожному об'єкті; б – з трьома мікрориступами на кожному об'єкті; 1 – зернівки пшениці; 2 – мікрориступи на поверхні зернівок пшениці; 3 – вісь симетрії

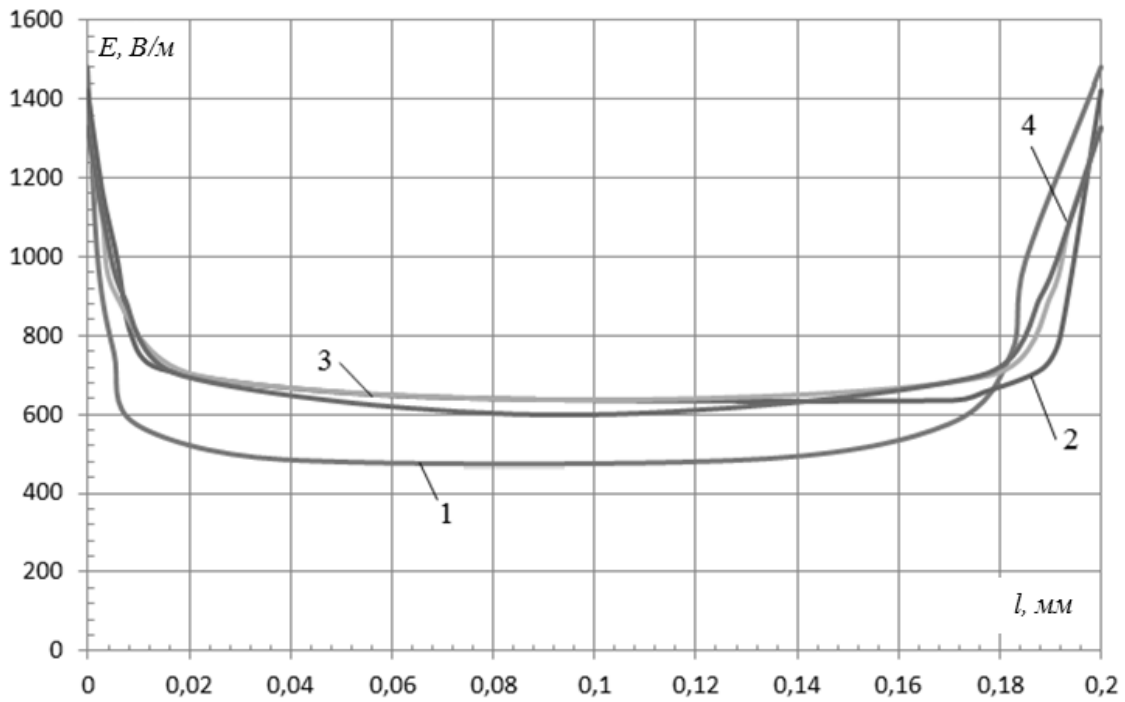
На рис. 4 показано, як змінюється значення напруженості електричного поля в центрах зон збурення (точка G) на рис. 2, а і рис. 2, б від відстані між мікрориступами. Видно, що значення напруженості електричного поля в порівнянні з фоновим значенням збільшуються при зменшенні відстані  $l$  між мікрориступами.

На рис. 5 побудовано характерні для випадків розрахункових областей, зображених на рис. 2, а і рис. 2, б, залежності об'єму збуреного електричного поля від відстані  $l$ . З аналізу об'ємів областей збуреного електричного поля (див. рис. 5) видно, що збільшення кількості мікрориступів на поверхні зернівок пшениці в три рази призводить до зростання на два-три порядки об'єму розрахункової області зі збуреним електричним полем.

Слід зазначити, що у разі випадку з одним мікрориступом (див. рис. 2, а) при зміні відстані між зернами  $L$  та сталій відстані між мікрориступами зернин відносна напруженість електричного поля в характерній точці

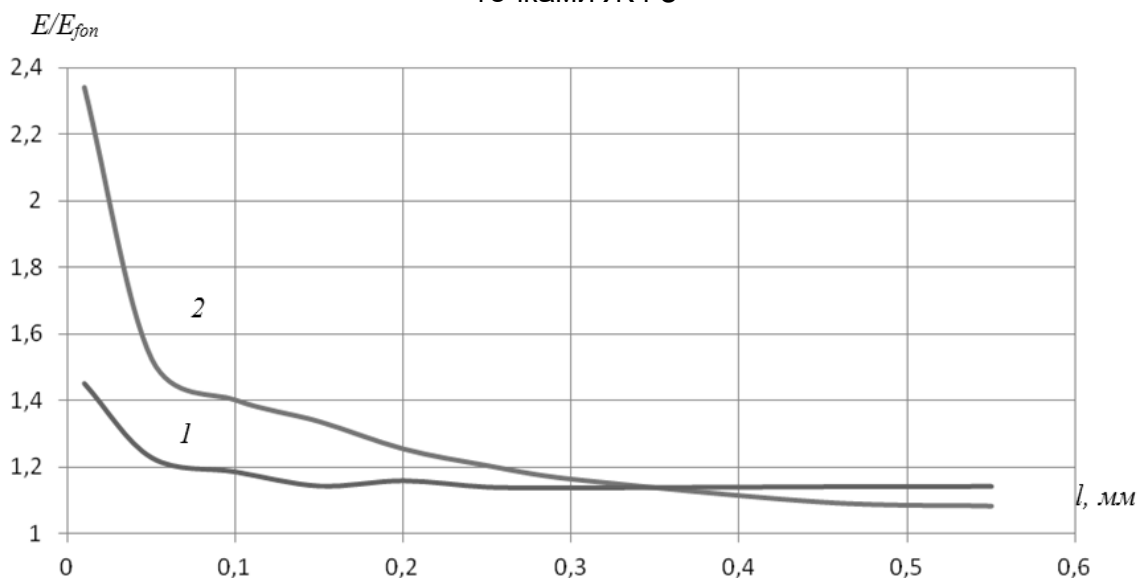
розрахункової області G несуттєво відрізняється від фонових значень, тому що область збурення практично не досягає цієї точки (рис. 6). Збільшення кількості мікровиступів призводить до підвищення відносної напруженості на 5–10 % (крива 2 на рис. 6) порівняно з варіантом, зображеним на рис. 2, а.

Зміна об'єму збурених областей при зміні відстані  $L$  для випадків, зображених на рис. 2, а і рис. 2, б, характеризуються відповідно кривою 1 та кривою 2 на рис. 7.



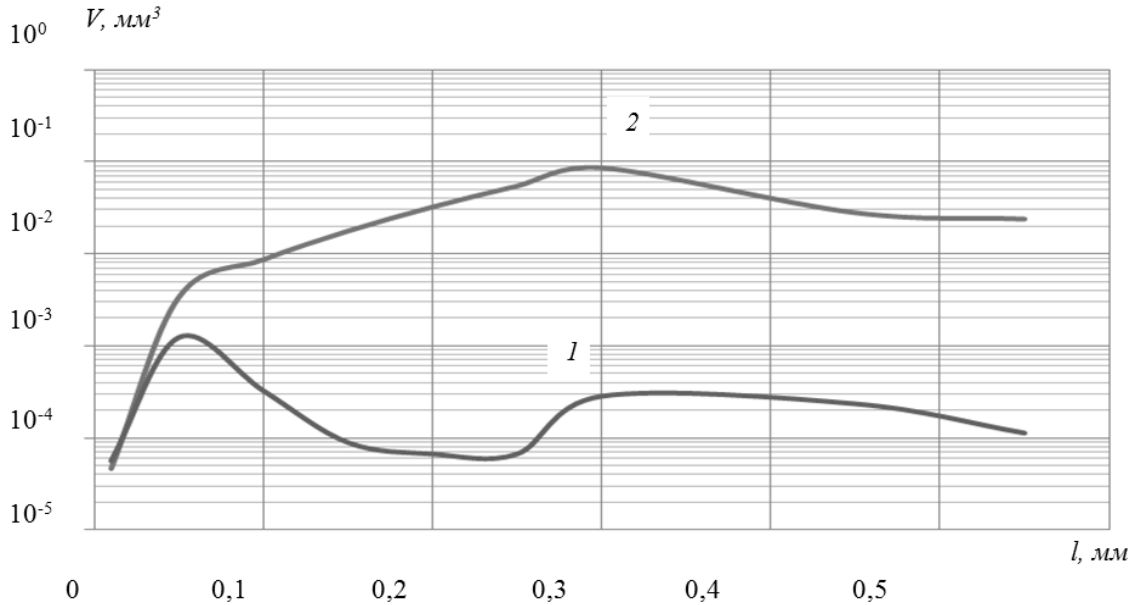
**Рис. 3 . Розподіл напруженості електричного поля в міжзернинному проміжку, для випадків зображених на рис. 2:**

1 – між точками А і Б; 2 – між точками В і Г; 3 – між точками Д і Е; 4 – між точками Ж і З



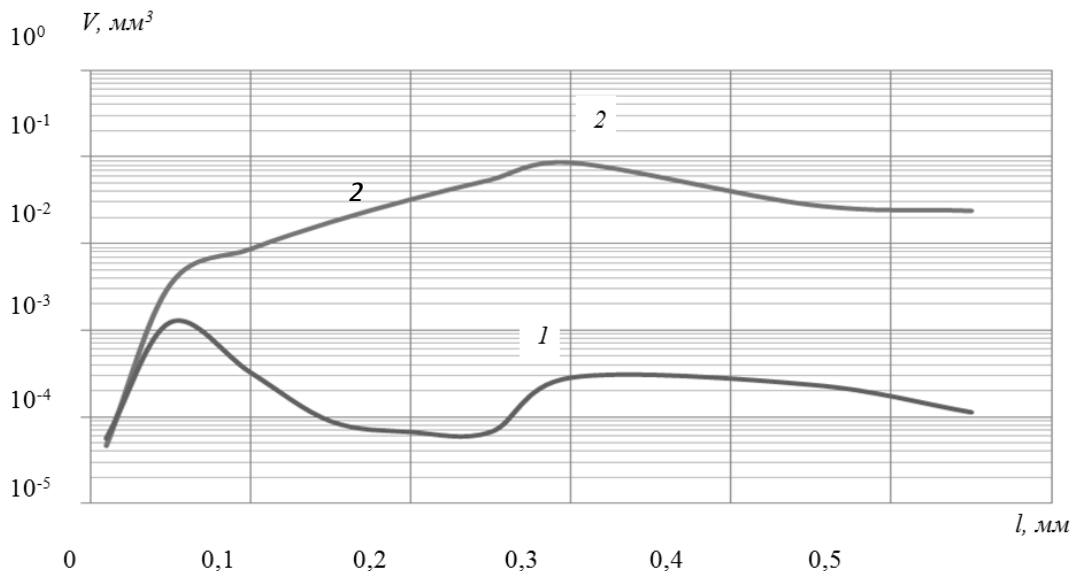
**Рис. 4. Характеристики розподілу відносної напруженості електричного поля в характерній точці розрахункової області G залежно від відстані l:**

1 – для конфігурації розрахункової області у випадку, зображеному на рис. 2, а;  
2 – для конфігурації розрахункової області у випадку, зображеному на рис. 2, б



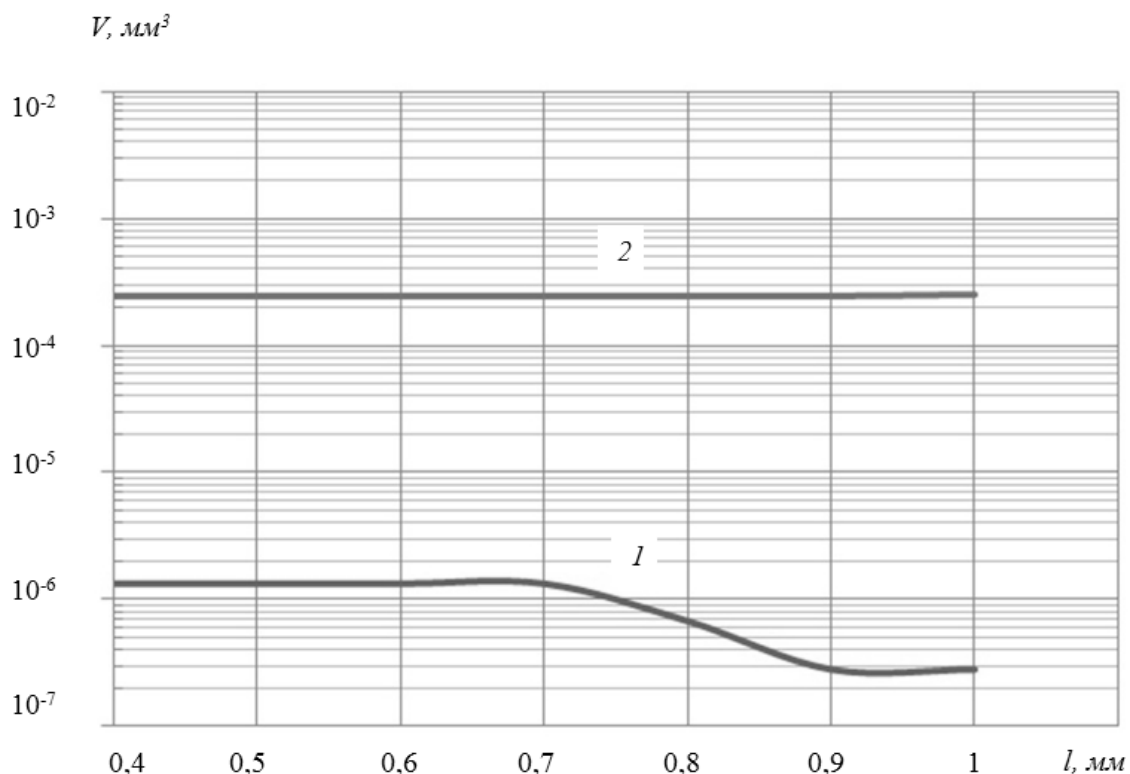
**Рис. 5. Характерна залежність об'єму збуреного електричного поля мікроступами від відстані l:**

1 – для розрахункової області на рис. 2, а; 2 – для розрахункової області на рис. 2, б



**Рис. 6. Характеристики розподілу відносної напруженості електричного поля в характерній точці розрахункової області G залежно від відстані l:**

1 - для конфігурації розрахункової області у випадку, зображеному на рис. 2, а;  
2 - для конфігурації розрахункової області у випадку, зображеному на рис. 2, б



**Рис. 7. Характерна залежність об'єму збуреного електричного поля мікроступами від відстані L:**

1 – для розрахункової області на рис. 2, а; 2 – для розрахункової області на рис. 2, б

### Висновки

У роботі на основі отриманих даних про структуру поверхні зернин пшениці виконано чисельне моделювання розподілу напруженості електричного поля залежно від кількості та розмірів неоднорідностей на їх поверхні. На основі аналізу отриманих даних можна стверджувати про те, що незначне збільшення кількості неоднорідностей на поверхні зернин призводить до підсилення напруженості електричного поля на 5–10 % і значного збільшення об'єму збуреної електричним полем зони на два-три порядки, що створює сприятливі умови для розвитку коронних розрядів в об'ємі зернової маси. Тому, для аналізу генерації озону коронним розрядом в об'ємі насипної зернової маси [2] доцільно враховувати неоднорідність поверхні зернівок.

### Список літератури

1. Берека О.М. Закономірності зміни питомої електропровідності насінневої маси в електричних полях високої напруги / О.М. Берека // Аграрна наука і освіта. – 2008. – Т.9, №5/6. – С. 146 – 148.
2. Дубовенко К.В. Знезараження зернової продукції імпульсним коронним розрядом / К.В. Дубовенко, Д.О. Захаров // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків, 2012. – №61 (967). – С. 139 – 149.
3. Дубовенко К.В. Інформаційна база автоматизованого проектування компактних імпульсних електротехнічних систем / К.В. Дубовенко // Вісник Нац.

ун-ту «Львівська політехніка». Серія «Електроенергетичні та електромеханічні системи». – 2006. – Вип. 563. – С. 194 – 201.

4. Дубовенко К.В. Моделирование характеристик электрического поля в гетерогенному середовищі тверда фаза–газ за експериментально визначеною діелектричною проникністю / К.В. Дубовенко, Д.О. Захаров // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків, 2013. – №65 (1038). – С. 118 – 128.

5. Ильин В.П. Численные методы решения задач электрофизики / В.П. Ильин. – М.: Наука, 1985. – 334 с.

6. Кучерявая И.Н. Компьютерный анализ электромеханических напряжений в полиэтиленовой изоляции силового кабеля при наличии микровключений / И.Н. Кучерявая // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 5. – С. 10–16.

7. Перетятко Ю.В. Моделирование неоднородных электрических полей в высоковольтной твердой полимерной изоляции с гетерогенными микровключениями / Ю.В. Перетятко., А.А. Щерба // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Серія «Електроенергетичні та електромеханічні системи». – 2007. – № 597. – С. 123–129.

8. Танайлова Е.А. Анатомоморфологическая характеристика зерновок яровой пшеницы сортов *triticium durum*: дис...кандидата биологических наук: 03.00.05 / Танайлова Елена Александровна. – Саратов: Саратовский гос. ун-т., 2009. – 180 с.

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРНА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ**

***К.В. Дубовенко, Д.А. Захаров***

*Для определения условий генерации озона коронным разрядом в объеме зерновой массы проанализирована структура поверхности зерновок злаковых культур. Обосновано, что наличие неоднородностей их поверхности влияет на характеристики распределения электрического поля в межзерновых промежутках насыпного зерна. Показано, что большое количество неоднородностей на поверхности зерновки пшеницы приводит к значительному усилению напряженности электрического поля и объема области его возмущения.*

***Ключевые слова: структура поверхности, насыпное зерно, напряженность электрического поля***

## **ANALYSIS OF THE GRAIN SURFACE STRUCTURE INFLUENCE ON THE ELECTRIC FIELD DISTRIBUTION**

***K. Dubovenko K., D.Zakharov***

*For definition of the ozone generation conditions on the base of the grain surface structure analysis it is grounded by corona discharge in the bulk grain that non-uniform surface roughness of the grains influences the electric field characteristic distribution in the gaps between them. It is shown that the great*



*amount of non-uniform inclusions on the grain surface leads to considerable increase in electric field intensity and the volume of the excited field.*

***Keywords: surface structure, bulk grain, electric field intensity***

УДК 004.94:658.01

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ, ЗБОРУ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР У БІОМЕТАН**

***С.А. Шворов, доктор технічних наук  
Д.С. Комарчук, кандидат технічних наук  
П.Г. Охріменко, Д.В. Чирченко, аспіранти\*  
e-mail: dmitruy@mail.ru***

*Запропоновано структуру бази знань інтелектуальної системи підтримки та прийняття рішень щодо організації вирощування, збору та переробки біомаси у біометан. Розглянуто основні задачі щодо оптимального планування засіву, збору та перетворення у біогаз енергетичних культур та інших органічних відходів.*

***Ключові слова: інтелектуальна система підтримки та прийняття рішень, органічна сировина, біогаз, енергетичні культури, біометан***

Як відомо, відновлювані джерела енергії (ВДЕ) динамічно і послідовно зростають. Один із важливих секторів ВДЕ у світі – це виробництво та енергетичне використання біогазу [4]. Важливим загальнодержавним завданням для України є підвищення виробництва біометану та його введення до газотранспортної системи за «зеленим тарифом». Для подачі біометану в газопроводи у західних країнах вже використовують технологію, за допомогою якої забезпечується відокремлення CO<sub>2</sub> від біогазу та отримання біометану з вмістом до 95 – 98%. На вітчизняному ринку такі технології мають велику перспективу тому, що в будь-якій точці України є розподільні газові мережі, до яких можна підключитися. При цьому для отримання біометану планується використання не тільки різноманітних відходів із великих ферм, а й вирощування, збір та переробка у біогазових комплексах спеціальних енергетичних культур (ЕК) сільгоспугідь. Одним із напрямків вирішення цієї проблеми є широке застосування інформаційних технологій, за допомогою яких повинно здійснюватися проведення моніторингу існуючої та прогнозування перспективної бази органічної сировини (ОС) з метою її

---

\*Науковий керівник – доктор технічних наук, професор С.А. Шворов.

© С.А. Шворов, Д.С. Комарчук,  
П.Г. Охріменко, Д.В. Чирченко, 2015