

УДК 631:621.319.7

## **АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ З БІООБ'ЄКТАМИ СФЕРИЧНОЇ ФОРМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

***В.О. Мунтян, доктор технічних наук***

***О.В. Лисенко, кандидат технічних наук***

***С.В. Адамова, асистент***

***Таврійський державний агротехнологічний університет***

*Розглянуті теоретичні положення, що дозволяють визначити сили, які впливають на нерухомі або рухомі тіла в електростатичному полі, теоретичні залежності взаємодії провідної сфери при будь-яких співвідношеннях її радіуса і міжелектродного простору з електростатичним полем.*

***Напруженість, діелектрична проникність, поле високої напруги, щільність електричної сили.***

Перед виробництвом стоїть досить широке коло завдань: продуктивність, собівартість, якість, екологічність як самої продукції, так і навколишнього середовища. Ефективне управління процесами отримання сільськогосподарської продукції, її переробки та зберігання неможливо без достовірної кількісної інформації про стан об'єктів і середовища їх існування, умов протікання технологічного процесу. У загальному випадку виробника або технолога цікавить певні характеристики об'єкта, матеріалу, рослини або живого організму для прийняття конкретного рішення. При внесенні в електромагнітне поле об'єкт дослідження створює певні спотворення, які несуть інформацію про сам об'єкт. Однак, теоретичний опис процесів, що відбуваються в електростатичних полях при взаємодії з провідними і діелектричними тілами, не можна вважати завершеними. Це відноситься до опису сил, що виникають при русі заряджених тіл в електричному полі, або до розрахунку зон стійкого режиму руху частинок між електродами [2].

Досвід із дослідження властивостей матеріалів і речовин в сильних електричних полях накопичено цілим рядом наукових досліджень, створено наукові основи застосування сильних електричних полів у технології і розроблена теорія конкретних апаратів: електрофільтрів, електросепараторів, пристроїв для нанесення ізоляційних покриттів [4].

Теоретичне осмислення вищевикладених процесів з урахуванням тих положень, які викладені в літературі і стали класичним, дозволяють вирішити ряд актуальних для науки і, зокрема, сільськогосподарського приладобудування задач .

Якщо розглядати вимірювання властивостей матеріалів сільськогосподарського призначення як складову виробничого або дослідного процесу, тоді слід виділити ряд специфічних особливостей: великий обсяг вимірів, різноманітність об'єктів виміру, наявність чинників, що заважають, ускладнюють процес виміру. Ці причини змушують звернути увагу на такі

принципи побудови засобів вимірювання, які б дозволили знизити вплив вищевказаних чинників на якість одержуваної інформації.

Для теоретичного обґрунтування розглянутих методів вимірювання нас цікавили процеси зарядки частинки в електростатичному полі при контакті з електродом і характер руху частинок в міжелектродному просторі. Ці питання мають досить суттєвий огляд в літературі як для провідників, так і діелектриків. [5].

**Мета досліджень** – розгляд теоретичних положень, що описують взаємодію електростатичного поля з провідниками і діелектричними тілами, і на їх основі розробка фізичних методів отримання інформації про властивості продукції та об'єктів сільськогосподарського виробництва, які дозволяють визначати їх якість і екологічність в процесі виробництва.

**Матеріал і методика досліджень.** Для обґрунтування і реалізації вимірювальних і технологічних методів розглядається поведінка різних матеріалів у електростатичному полі: частинок мінеральних матеріалів – ґрунту, частинок органічних матеріалів – зерна.

Незмінною умовою для всіх процесів вимірювання або виготовлення є подолання сили тяжіння. Природно для реалізації цих принципів необхідно використовувати електростатичні поля високої напруженості. Як відомо, тільки властивості електричних провідників не залежать від зміни напруженості поля. Основними складовими силової взаємодії будь-якого тіла з електростатичним полем, як буде показано нижче, є взаємодія з зарядом, що утворився на поверхні або в об'ємі тіла в результаті тих чи інших механізмів зарядки [1, 2].

Перевагою електростатичного поля високої напруженості при використанні його у вимірах полягає ще в тому, що воно є не тільки носієм інформації про об'єкт дослідження, а й дезінтегрує об'єкт, завдяки пондомоторній взаємодії з ним. Із загальної маси за допомогою електростатичних сил виділяється природно або штучно створена частина. Таким чином, відразу ж збільшується обсяг інформації з перетворювача, оскільки можуть визначатися не тільки інтегральні, а й диференціальні характеристики досліджуваного об'єкта.

**Результати досліджень.** Відомо, що як створення, так і збереження заряду в даному обсязі залежить від електропровідності об'єкта дослідження. Таким чином, електропровідність частинок ґрунту, що знаходяться в повітряно сухому стані буде визначатися в першу чергу поверхневою електропровідністю [2]. Тому в якості моделі частинку ґрунту можна представити у вигляді діелектричної кульки, покритої шаром товщиною від декількох десятків ангстрем до декількох мікрометрів, провідність якого на кілька порядків вище провідності матеріалу частинки і навколишнього повітря.

В даному випадку, в режимі співудару об електродом, зміна заряду частинки описується в першому наближенні звичайним експонентним рівнянням з постійною часу зарядки  $\tau$ , яка визначається опором контакту і поверхневого шару частинки, а також ємності системи: частка - електродом.

Якщо помістити в електричне поле високої напруги провідного тіла, на останньому виникає заряд. Джерело його виникнення може бути різним. Це може бути іонна зарядка, яка полягає в тому, що іони, що рухаються в газовому

середовищі, стикаються з тілом і осідають на ньому. Джерелом іонів одного знака може служити уніполярний коронний розряд.

В аналітичному вигляді ця задача вирішена для тіл різної геометричної форми. Для сфери радіусом  $r$  заряд  $q$  дорівнює

$$q = 2/3\pi^3 \varepsilon_0 r^2 E \quad (1)$$

Якщо частка володіє не нескінченно великим, а кінцевим значенням електропровідності, то її граничний заряд встановлюється не відразу. Це пояснюється тим, що система частинка-електрод представляє деяку електричну ємність. Зміна заряду в часі відбувається за законом [1].

$$q(t) = q_0 [1 - \exp(-\tau/r)], \quad (2)$$

де  $q$  – граничний заряд;  $\tau$  – постійна зарядки.

Далі буде розглянута правомірність використання цієї моделі для ґрунтових частинок. Відповідно до [5] залежність цієї сили від розміру сфери та напруженості поля має вигляд:

$$F = [\zeta(3) + 0,166] \cdot 4\varepsilon_0 \pi r^2 E^2 = 1,37 \cdot 4\pi \varepsilon_0 r^2 E^2, \quad (3)$$

де  $\zeta(3)$  – дзета функція Рімана, рівна 1,202.

Щільність цієї сили в залежності від розміру можна оцінити по формулі

$$f_\theta = F_\theta/V = 1,37 \cdot 4\pi \varepsilon_0 r^2 E^2 / 4\pi r^3 / 3 = 5,1 \varepsilon_0 E^2 / r. \quad (4)$$

Видно, що зі збільшенням розміру частинок щільність електричної сили зменшується. Виходить, що зі збільшенням розміру частинок щільність електричної сили зменшується. Якщо порівняти її з щільністю гравітаційної сили  $f_g = pg$ , яка не залежить від розміру і визначається тільки щільністю матеріалу, то можна зробити висновок про те, що вага буде вносити більш суттєвий вклад у закон руху великих часток, ніж дрібних. Ці властивості доцільно використати для створення методів розділення порошкових матеріалів на фракції.

Поверхнева щільність сил, яка визначається з формули

$$f_s = \varepsilon_0 E^2 / 2, \quad (5)$$

для плоскої поверхні при  $E = 10^6 \text{ В/м}$  дорівнюватиме  $f_s = 5 \text{ н/м}^2$ . Для сферичної частинки напруженість у верхній точці дорівнює  $E_g = 4,21E$ , а в нижній, дотичній з електродом,  $E_i = 0$ . Таким чином, поверхнева щільність сил, діючих на частку буде мінятись від  $21 \text{ н/м}^2$  до 0.

Все вищевикладене відносилось для частинок з розміром  $r$  багато менше міжелектродної відстані. Якщо міжелектродна відстань стає порівняною з розміром, то рівності (1) і (3) не виконуються. Це пояснюється тим, що починає позначатися вплив верхнього електрода на заряд і силу, що діє на частинку. Чисельні методи рішення і експериментальні дослідження показують, що сила, яка діє на кульку, змінюється від значення, що визначається формулою (3) при  $h \gg r$ , до значення, обумовленого силою взаємодії між сферою і площиною, при  $h = 2r$ . На підставі експериментальних даних і чисельних розрахунків запропоновано формулу для визначення цієї сили

$$F_{\theta,1}^1 = 4\pi\epsilon_0 \left[ \zeta(3) + 1/6 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \cdot (cth\beta - ncthn\beta) / shn\beta \right] r^2 E^2, \quad (6)$$

де  $ch\beta = (h - r) / r$ .

### Висновки

За допомогою моделювання процесу взаємодії провідних та діелектричних тіл сферичної форми з електростатичним полем, отримані аналітичні вирази для отримання інформації про властивості продукції і об'єктів сільськогосподарського виробництва для визначення їх якості і екологічності.

### Список літератури

1. Бортник И.М. и др. Электрофизические основы техники высоких напряжений / И.М.Бортник, И.П. Верещагин, Ю.Н. Верещагин и др.— М.: Энергоатомиздат, 1993. — 543 с.
2. Верещагин И.П. и др. Основы электрогазодинамики дисперсных систем / И.П. Верещагин, В.И. Левитов, Г.З. Мирзабекян и др — М.: Энергия — 1974. — 480 с.
3. Кадыров Х.Г. Моделирование механики эрозионных процессов / Х.Г. Кадыров // Гидродинамика многофакторных сред и ее приложение. — Ташкент.— 1990. — 197 с.
4. Лазутин В.Н. Экспресс-метод автоматизированного определения дисперсности сыпучих материалов / В.Н. Лазутин // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Автоматизация производственных процессов в сельском хозяйстве».— Углич: М.: ВИМ — 1995.— 155 с.
5. Сушко Б.К. Система автоматической нейтрализации зарядов статического электричества / Б.К. Сушко, Р.З. Бахтизин //Электронная обработка материалов. — № 4, 1990. — 58 с.

*Рассмотрены теоретические положения, позволяющие определить силы, которые влияют на неподвижные или движущиеся тела в электростатическом поле, теоретические зависимости взаимодействия ведущей сферы при любых соотношениях ее радиуса и межэлектродного пространства с электростатическим полем.*

***Напряженность, диэлектрическая проницаемость, поле высокого напряжения, плотность электрической силы.***

*The theoretical positions which determine the forces that affect fixed or moving body in an electrostatic field was shown. The theoretical dependence of interaction leading areas at any ratio of the radius and the interelectrode space of the electrostatic field was estimated.*

***Tension, dielectric constant, the field of high voltage, electric power density.***