

УДК 621.3: 631.53.027.33

**РОЗРЯДНІ ПРОЦЕСИ В ЗЕРНОВІЙ МАСІ ПІД ДІЄЮ СИЛЬНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ІМПУЛЬСНОГО СТРУМУ**

*С. М. Усенко, кандидат технічних наук*

*О. В. Науменко, асистент*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: virf750@mail.ru*

**Анотація.** *Суттєвим фактором, що призводить до втрат при зберіганні зерна є діяльність комах-шкідників зернових запасів. Для знищення шкідників переважно застосовують фуміганти, які є досить токсичними. Альтернативним методом є озонування, але сучасні способи використання озону є енергозатратними та неефективним у зв'язку з втратами озону при його подачі від генератора озону до зерна та нерівномірністю обробки*

*Метою дослідження є аналіз розрядних процесів у зерновій масі та встановлення їх закономірностей залежно від вологості зернової маси та частоти імпульсів імпульсного джерела високої напруги.*

*У запропонованому методі обробки зерно розмішується між плоско-паралельними пластинчастими електродами, до яких підводиться висока напруга. Особливістю такого виду обробки є те, що на зернову масу, мікрофлору та комах-шкідників діють такі фактори впливу: сильне електричне поле, поверхневий та об'ємний струм, іонізаційні процеси, що відбуваються в повітряному просторі зернової маси, аероіони та озон, які утворюється під дією часткових розрядів.*

*Наведені результати досліджень з впливу вологості та частоти імпульсів на інтенсивність розрядних процесів у зерновій масі. Встановлено, що частота розрядів у зерновій масі залежить від вологості зерна і має частотну залежність.*

**Ключові слова:** *зернова маса, комірні шкідники, сильне електричне поле, розрядні процеси*

**Актуальність.** Одним з основних шляхів покращення стану зернової галузі нашої держави є зменшення втрат і підвищення якості зерна при зберіганні. Суттєвим фактором, що призводить до втрат при зберіганні, є діяльність комах-шкідників зернових запасів. Для знищення шкідників переважно застосовують фуміганти, які є досить токсичними. Як альтернатива застосовується озонування, але сучасні способи використання озону є енергозатратними та неефективним у зв'язку з втратами озону при його подачі

від генератора озону до зерна та нерівномірністю обробки [5, с. 34-35; 7, с. 41-44; 8, р. 101-122].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На кафедрі електроприводу та електротехнологій розробляються засоби та пристрої [1, 322 с.; 2, с. 184–191], в яких утворення озону відбувається безпосередньо в зерновій масі під дією сильного електричного поля (СЕП). Дослідження показали можливість застосування даного методу для боротьби зі шкідниками зернових [3, с. 185-192; 4, с. 133-138; 6].

Концентрація озону в повітряних проміжках зернової маси залежить від інтенсивності іонізаційних процесів, в першу чергу частоти часткових розрядів в повітряних включеннях. Інтенсивність іонізаційних процесів змінюється залежно від напруженості СЕП. Напруженість СЕП можна збільшувати до певного значення, перевищення якого може призвести до пробою у зерновій масі [2, с. 184–191].

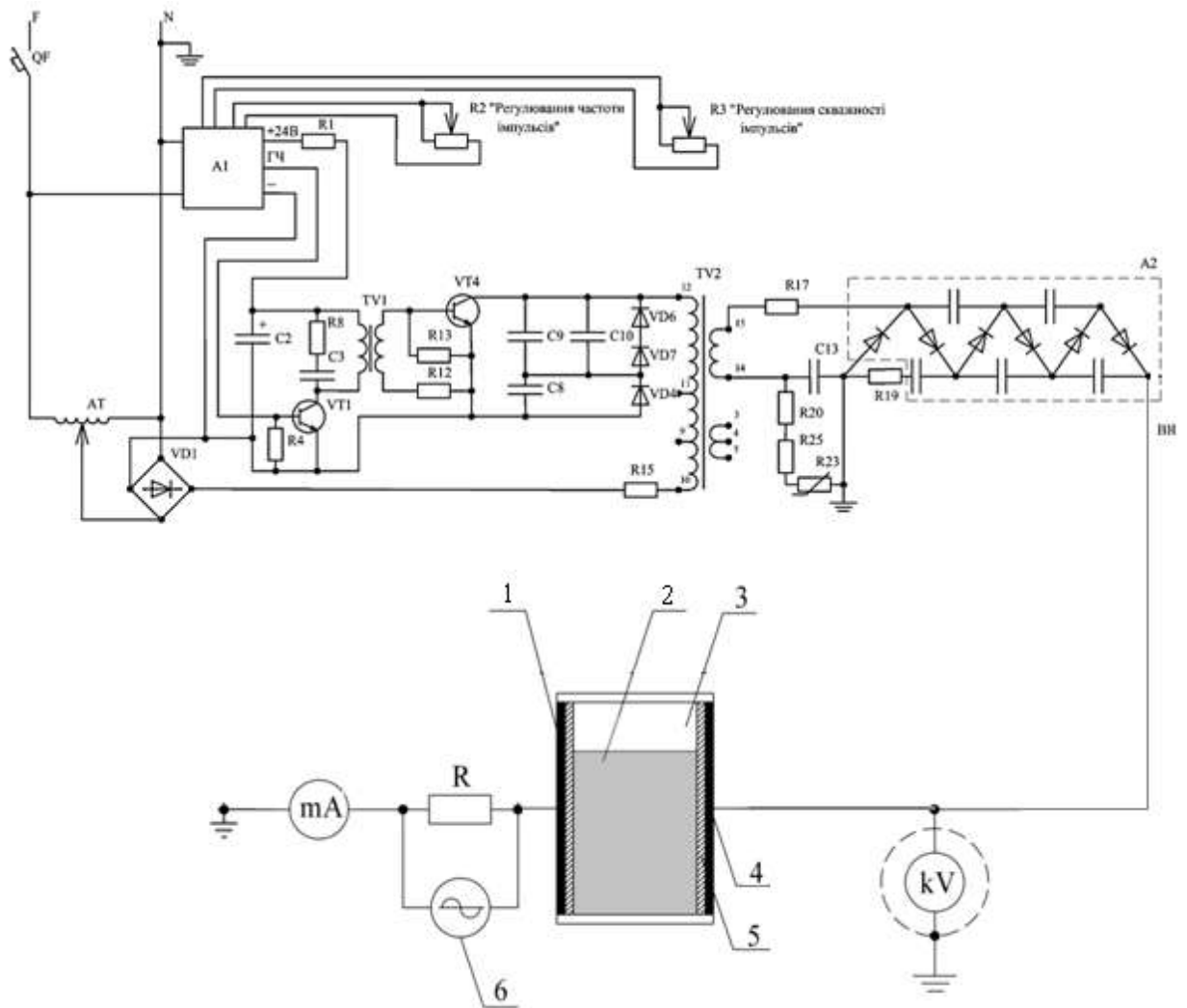
Відомо, що інтенсивність іонізаційних процесів залежить від вологості зернової маси. У розробленій установці передбачено можливість зміни частоти імпульсів імпульсного джерела високої напруги (ІДВН). Тому виникла необхідність дослідження розрядних процесів у зерновій масі в залежності від вологості зернової маси та частоти імпульсів ІДВН.

**Мета дослідження** – аналіз розрядних процесів у зерновій масі та встановлення їх закономірностей залежно від вологості зернової маси та частоти імпульсів імпульсного джерела високої напруги.

**Матеріали та методи дослідження.** У запропонованому методі обробки зерно розміщується між плоско-паралельними пластинчастими електродами, до яких підводиться висока напруга. Особливістю такого виду обробки є те, що на зернову масу, мікрофлору та комах-шкідників діють такі фактори впливу: сильне електричне поле, поверхневий та об'ємний струм, іонізаційні процеси,

що відбуваються в повітряному просторі зернової маси, аероіони та озон, які утворюється під дією часткових розрядів [1, 322 с.].

Для дослідження розрядних процесів у зернової масі було виготовлено дослідну установку (рис. 1).



**Рис.1. Схема лабораторної установки для дослідження розрядних процесів у зернової масі:**

- 1, 4 – плоско-паралельні пластинчаті електроди; 2 – оброблюване зерно; 3 – камера обробки; 5 – діелектричні пластини; 6 – осцилограф

Від імпульсного джерела напруга подається до плоско-паралельних електродів 1, 4. Стінки камери обробки виготовлено з діелектричного матеріалу

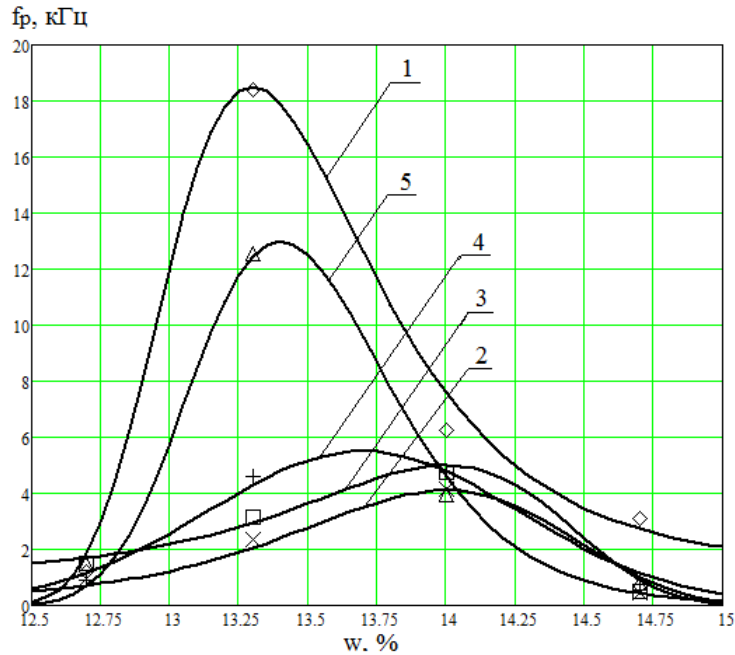
(оргскло). Регулювання напруги живлення передбачено за допомогою автотрансформатора АТ. У камеру обробки 3 встановлено діелектричні пластини 5, які відділяють зерно 2 від електродів. У коло нульового проводу введено резистор R, який фіксує розрядні струми, які проходять у повітряних включення зернової маси. Сигнал знімається за допомогою осцилографа 6. Контроль напруги здійснюється кіловольтметром kV, струм контролюється міліамперметром mA. У схемі передбачено регулювання частоти та скважності імпульсів ІДВН.

**Результати досліджень.** Для досліджень взято зразки зерна ячменю сорту «Вакула» вологістю 12,7 %, 13,3 %, 14 %, 14,7 %. Розміри камери обробки: відстань між електродами – 3 см; довжина електрода – 10 см; висота засипки зерна – 6 см.

Результати досліджень наведені в таблиці та на рис. 2.

Частота розрядів у зерні під дією сильного електричного поля імпульсного струму

Частота імпульсів, кГц	Напруженість електричного поля, кВ/см	Частота розрядів при вологості зерна	Частота розрядів при вологості зерна	Частота розрядів при вологості зерна	Частота розрядів при вологості зерна
		12,7 %	13,3 %	14 %	14,7 %
3	5	1,187	18,4	3,1	6,2
5	5	0,947	2,383	4,2	0,473
6	5	1,503	3,133	4,8	0,513
8	5	0,901	4,5	4,7	0,726
15	5	1,49	12,533	4	0,811



**Рис. 2. Залежність частоти розрядів у зерновій масі ячменю залежно від вологості зерна при частоті імпульсів:**

1 – 3 кГц; 2 – 5 кГц; 3 – 6 кГц; 4 – 8 кГц; 5 – 15 кГц

Залежність частоти розрядів у зерновій масі під дією СЕП залежить від вологості зерна та частоти імпульсів джерела високої напруги. Залежність від вологості описується виразом:

$$f_p = f_{\max} \cdot e^{\frac{-(w-w_0)}{2 \cdot c^2}}, \quad (3)$$

де  $f_p$  – частота розрядів у зерновій масі, кГц;  $f_{\max}$  – максимальне значення частоти розрядів, кГц;  $w_0$  – вологість зерна, при якій досягається максимальне значення частоти, %;  $w$  – вологість зерна, яке обробляється, %;  $c$  – коефіцієнт, який залежить від частоти імпульсів та вологості зернової маси.

### **Висновки і перспективи**

За результатами досліджень встановлено, що частота розрядів у зерновій масі залежить від вологості зерна і має частотну залежність. Максимальних значень частоти розрядів отримуємо при значеннях вологості, близьких до

кондиційної (13,3...14 %). Отримана залежність дозволить визначати режими обробки залежно від вологості зернової маси та параметрів джерела живлення.

### **Список літератури**

1. Берека О. М. Обробка насіння сільськогосподарських культур в електричному полі високої напруги [Текст]: дис. доктора технічних наук: 05.09.03 / Берека Олег Миколайович. – К., 2010. – 322 с.

2. Берека О. М. Часткові розряди в зерновій масі під дією сильного електричного поля [Текст] / О. М. Берека, С. М. Усенко, С. В. Петриченко // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11. – Том 6. – С. 184–191.

3. Берека О.М. Установка для знешкодження комах-шкідників зерна у сильному електричному полі [Текст] / О.М. Берека, О.В. Науменко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – К.: ВЦ НУБіП України, 2014. – Вип. 194, ч. 3. – с. 185-192.

4. Берека О.Н. Дезинсекция зерновой массы в сильном электрическом поле [Текст] / О. Н. Берека, А. В. Науменко // Инновации в сельском хозяйстве. Москва: ГНУ ВИЭХ Россельхозакадемии, 2014. - №4(9). – с. 133-138.

5. Ловкіс З. В. Дезинсекція комах-шкідників озоном [Текст] / З. В. Ловкіс, Т. П. Троцька // Зерно і хліб. – 2005. – №2. – С. 34-35.

6. Патент на винахід № 105984, Україна, МПК А23L 3/32 (2006.01), А01F 25/14 (2006.01). Пристрій для знешкодження комах-шкідників зерна у сильному електричному полі [Текст] / Берека О. М., Науменко О. В. Заявник і патентовласник НУБіПУ. – № а201303445; заяв. 20.03.2013; опубл. 10.07.2014, Бюл. №13.

7. Шевченко Н. Г. Шкідники запасів зерна та контроль їх чисельності [Текст] / Н. Г. Шевченко, Т. П. Гордієнко // Посібник українського хлібороба. – 2008. – С. 41-44.

8. Shadia E. Abdel-Aziz. Control Strategies of Stored Product Pests [Text] / Shadia E. Abdel-Aziz // Journal of Entomology. – 2011. – №8 (2). – P. 101-122.

### **References**

1. Bereka, O. M. Obrobka nasinnia silskohospodarsky khkultur v elektrychnomu poli vysokoi napruhy [Processing of crop seeds in an electric field of high voltage]. Kyiv, 322.

2. Bereka, O. M, Usenko, S.M., Petrychenko, S.V. (2011). Chastkovi rozriady v zernovii masi pididieiu sylnoho elektrychnoho polia [Partial discharges in the grain mass by the influence of a high electric fields]. Proceedings of theTavria State Agrotechnical University, 11 (6), 184–191.

3. Bereka, O. M., Naumenko, O. V. (2014) Ustanovka dlia zneshkodzhennia komakh-shkidnykiv zerna u sylnomu elektrychnomu poli [Installation for decontamination of insect pests of grain in a high electric field]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series «Technology agribusiness and energy», 194(3), 185-192.
4. Bereka. O. N., Naumenko. A. V. (2014). Dezynseksyia zernovoi massy v sylnom elektrycheskom pole [Disinsection of the grain mass in a high electric field]. Innovations in agriculture, 4(9), 133-138.
5. Lovkis, Z. V., Trotska, T. P. (2005) Dezynseksiia komakh-shkidnykiv ozonom [Fumigation of insect pests by ozone]. Cereals and bread, 2, 34-35.
6. Bereka, O. M., Naumenko, O. V. (2014). The device for the removal of insect pests of grain in a high electric field. The patent of Ukraine for invention. A23L 3/32 (2006.01), A01F 25/14 (2006.01). № a201303445; declared 20.03.2013; publ. 10.07.2014, №13.
7. Shevchenko, N. H., Hordiienko, T. P. (2008). Shkidnyky zapasiv zerna ta kontrol yikh chyselnosti [Pests of grain stores and control of their population]. Guide of an Ukrainian farmer, 2008, 41-44.
8. Shadia, E. Abdel-Aziz (2011). Control Strategies of Stored Product Pests. Journal of Entomology. 8 (2), 101-122.

## **РАЗРЯДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЗЕРНОВОЙ МАССЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА**

*С. Н. Усенко, А. В. Науменко*

**Аннотация.** *Существенным фактором, что приводит к потерям при хранении зерна, является деятельность насекомых-вредителей зерновых запасов. Для уничтожения вредителей преимущественно применяют фумиганты, которые являются достаточно токсичными. Альтернативным методом является озонирование, но современные способы использования озона являются энергозатратными и неэффективными в связи с потерями озона при его подаче от генератора озона к зерну и неравномерностью обработки.*

*Целью исследования является анализ разрядных процессов в зерновой массе и установления их закономерности в зависимости от влажности зерновой массы и частоты импульсов импульсного источника высокого напряжения.*

*В предложенном методе обработки зерно размещается между плоско-параллельными пластинчатыми электродами, к которым подводится высокое напряжение. Особенностью такого вида обработки является то, что на зерновую массу, микрофлору и насекомых-вредителей действуют такие факторы влияния: сильное электрическое поле, поверхностный и объемный ток, ионизационные процессы, происходящие в воздушном пространстве*

зерновой массы, аэроионы и озон, образующейся под действием частичных разрядов.

Представлены результаты исследований по влиянию влажности зерна на интенсивность разрядных процессов в зерновой массе. Установлено, что частота разрядов в зерновой массе зависит от влажности зерна и имеет частотную зависимость.

**Ключевые слова:** зерновая масса, амбарные вредители, сильное электрическое поле, разрядные процессы

## **DISCHARGE PROCESSES IN THE GRAIN MASS UNDER APPLYING OF HIGH ELECTRIC FIELD OF PULSE CURRENT**

*S. Usenko, O. Naumenko*

**Abstract.** *An important factor that leads to losses of grain storage is the activity of insect pests of grain reserves. To destroy pests mainly used fumigants that are quite toxic. An alternative method is ozone, but modern uses of ozone is energy-consuming and inefficient due to the loss of ozone in its submission of ozone generator to the grain and the uneven treatment*

*The aim of this work is to study processes bit in the grain mass and establish their patterns depending on the humidity of the grain mass and pulse frequency pulsed high voltage source.*

*The proposed method of processing corn is between plane-parallel plate electrodes to which high voltage is supplied. The peculiarity of this type of treatment is that the grain mass, flora and insect pests, the following factors of influence: strong electric field, surface and volume current ionization processes occurring in the airspace of grain mass air ions and ozone, which is formed under partial discharge.*

*The article presents the results of research on the effects of humidity on intensity discharge processes in the grain mass. It was established that the frequency of discharges in the grain mass depends on the moisture content of grain and has a frequency dependence.*

**Key words:** *grain mass, granary pests, high electric field, discharge processes*