

## БАКТЕРИЦИДНА ОБРОБКА СИЛОСІВ ЕЛЕВАТОРА МЕТОДОМ ОЗОНУВАННЯ

**Вахоніна Л.В.** канд. фіз.-мат. наук, доцент

**Мардзявко В.А.**, асистент

e-mail: vitalijmardzavko@gmail.com

*Миколаївський національний аграрний університет*

**Анотація.** У цьому дослідженні розглянуто можливу розробку електротехнологічної системи для бактерицидної обробки силосів елеватора за допомогою озону. Було проаналізовано сучасне обладнання і встановлено, що ефективним методом є використання системи електродів у вигляді ряду стрижнів з голками-площиною, що забезпечує ефективну генерацію озону в силосному елеваторі.

**Ключові слова:** електротехнологічна установка, бактерицидна обробка, силоси елеватора, озон, електроди, стрижні з голками-площиною, генерація озону.

В новітньому сільському господарстві велике значення має забезпечення зберігання сільськогосподарської продукції в умовах, що максимально зберігають її якість та тривалість зберігання. Однією з ключових проблем є уникнення поширення бактерій та мікроорганізмів у силосних елеваторах, що може призвести до псування зерна та інших кормових культур, що зберігаються. У зв'язку з цим, створення електротехнологічної установки для бактерицидної обробки силосів елеватора стає актуальним завданням для сучасних аграріїв та виробників кормів. Використання озону дозволяє ефективно захищати зернові та кормові запаси від шкідливого впливу бактерій, грибків та інших мікроорганізмів, що може значно покращити якість продукції та забезпечити її безпечність для тварин та людей.

Визначити основні перспективні напрямки впровадження озону в конструкцію силосів для бактерицидної обробки.

У сучасних умовах зберігання сільськогосподарської продукції в силосних елеваторах проблема розповсюдження бактерій та мікроорганізмів визначає не лише якість зберігання, але й безпеку та вартість виробництва кормів. Волога на стінках силосу сприяє не тільки налипанню зерна та бруду, але і розвитку плісняви (рис. 1) [1].

Бактерії, грибки та інші мікроорганізми можуть спричинити негативні наслідки, такі як гниль, втрата харчової цінності продукції та навіть виникнення токсинів, що загрожує здоров'ю тварин та людей, рис. 2.

Одним з ключових факторів вирішення цієї проблеми є розробка та впровадження електротехнологічних установок для бактерицидної обробки силосів елеватора. Ці установки використовують інноваційні методи, такі як електрична обробка, для знищення та інгібування росту шкідливих

мікроорганізмів, забезпечуючи тим самим тривале та безпечно зберігання сільськогосподарської продукції. Однією з таких технологій може стати озонування. Усунення цвілі за допомогою озону є одним з найшвидших і сучасних методів боротьби з цвіллю.

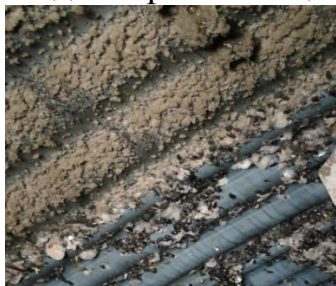


Рис. 1 – Забружнення стінок силосів елеватора



Рис. 2 – Приклад зіпсованого зерна на дні силосів та бункерів елеватора

Процес озонування дозволяє очистити приміщення від не лише існуючих грибкових колоній, а й потенційно небезпечних спор, які ще не встигли розповсюдитися. Крім того, озон здатний знищувати до 99% вірусів та бактерій, що робить його ефективним засобом очищення повітря [2]. Процедура видалення цвілі за допомогою озону є швидкою і надійною. Озон, який є формою кисню з трьома атомами ( $O_3$ ), є деструктивним для живих організмів у високих концентраціях. Його розпилюють на заражені поверхні за допомогою спеціального обладнання (рис. 3) та залишають на певний час. Після декількох годин озон розпадається на звичайний кисень ( $O_2$ ), залишаючи повітря свіжим та очищеним від небезпечних мікроорганізмів [3].



Рис. 3 – Обладнання генерування озону

Бактерицидна обробка озоном, може характеризуватися високим окислювальним потенціалом, простотою в використанні, доступністю і можливістю отримання за допомогою електросинтезу з повітря в потрібному місці і кількості. Однак особливо важливою є його екологічна сумісність, оскільки він, крім кисню, бере участь у

біологічних процесах навколишнього середовища. Озон володіє багатьма корисними властивостями, такими як бактерицидний, фунгіцидний, віруліцидний, дезодоруючий, інсектицидний, демеркуризаційний, стимулюючий і так далі.

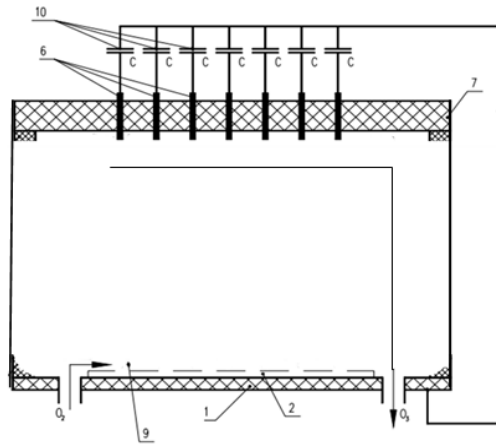


Рис. 4 – Схематична безбар'єрна озонаторна установка: 1 - металевий електрод; 2 - зона можливого розташування діелектричного бар'єра; 6 - секціонований електрод; 7 - стінка з оргскла; 8 - вкладиші; 9 - розрядний зазор; 10 - баластне навантаження

Запропонована конструкція озонатора (рис. 4) дозволяє інтегрувати установку в технологічний процес без суттєвих реконструкцій та з мінімальними капіталовкладеннями.

З математичного моделювання розподілу напруженості електричного поля (рис. 5) видно, що більш ефективним є застосування системи електродів ряд стрижнів з голками-площина так як при цьому спостерігається значно більше значення напруженості електричного поля між коронуючим та некородуючим електродами.

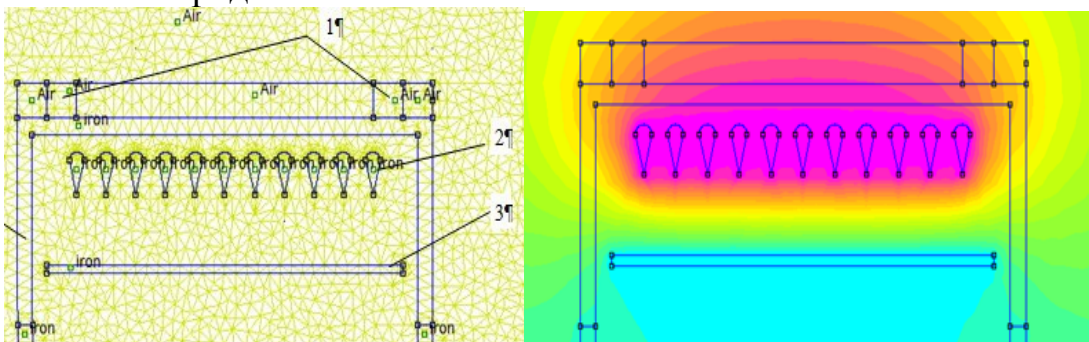


Рис. 5 – Спрощена розрахункова схема установки озонування:  
1- канали для доступу повітря; 2 - система коронуючих електродів;  
3 - некородуючий електрод

Результати моделювання просторового розподілу електричного потенціалу в об'ємі розрядної камери між коронуючим і некоронуючим електродами, отримані за допомогою метода верхньої релаксації співпадають з результатами моделювання, отриманими з використанням об'єктно-орієнтованого пакету FEMM4.2 (рис. 6).

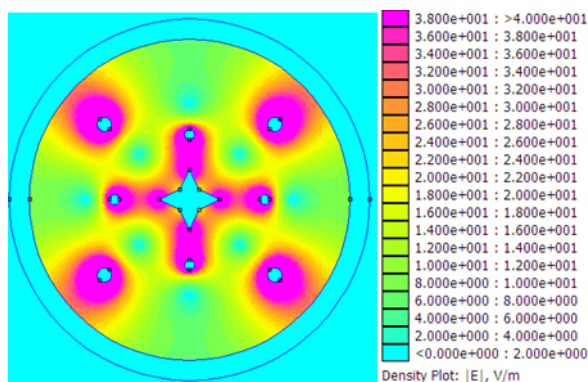


Рис. 6 – Розподіл напруженості електричного поля в об'ємі камери

У дослідженні був проведений аналіз сучасного обладнання для створення озонно-повітряної суміші. Запропонована конструкція озонатора дозволяє включити установку в технологічний процес без потреби в суттєвих модифікаціях та з мінімальними інвестиціями. Математичне моделювання розподілу напруженості електричного поля показало, що найбільш ефективним є використання системи електродів стрижнів з голками-площинами, оскільки це забезпечує значне підвищення напруженості електричного поля між коронуючим та некоронуючим електродами. Моделювання розподілу напруженості електричного поля в об'ємі розрядної камери дозволило розробити оптимальну конструкцію такої камери, що забезпечує рівномірний розподіл напруженості електричного поля по всьому об'єму. Використання коронуючого електроду з мікроставунами дозволило створити сприятливі умови для бактерицидної обробки шкідників та плісняви.

#### Список використаних джерел:

1. Узагальнення знань: терміни збереження зерна в металевих силосах. *KMZ Industries*. URL: <https://kmzindustries.ua/elevators/uzagalnennja-znan-termini-zberezhenja-zerna-v-metalevih-silosah> (дата звернення: 25.03.2024).
2. Кунденко М, Руденко А, Мардзявко В. Знезараження зернової маси методом фумігації озоном. *Scientific Collection «InterConf»*. 2022. С. 280–282. URL: <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/1938>.
3. А. В. Бабков. Розробка експериментального обладнання для дослідження управління процесом синтезу озона. *Automation Technological and Business Processes*. 2014. Т. 17, № 17. С. 37–44.
4. Дубовенко К., Захаров Д. Знезараження зернової продукції імпульсним коронним розрядом. *Вісник національного технічного університету «ХПІ»*. 2015. Т. 96, № 61. С. 139–149.

**Abstract.** This study examines the possible development of an electrotechnological system for the bactericidal treatment of elevator silos using ozone. Modern equipment was analyzed and it was established that an effective method is the use of a system of electrodes in the form of a series of rods with flat needles, which ensures effective generation of ozone in the silo elevator.

**Key words:** electrotechnological installation, bactericidal treatment, elevator silos, ozone, electrodes, rods with flat needles, ozone generation.