

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Механіко-технологічний факультет



Кафедра ОПХВ ім. проф. Ф.Ю. Ялпачика

**ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННО-ІОННОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ
ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

методичні вказівки до лабораторної роботи з дисципліни
" Технологічні системи галузевого машинобудування"
для аспірантів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
здобувачів ступеня вищої освіти «Доктор філософії»

Мелітополь, 2021

Використання електронно-іонної технології для зберігання плодоовочевої продукції. Методичні вказівки для аспірантів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», здобувачів ступеня вищої освіти «Доктор філософії» – Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2021.- 19 с

Розробники Самойчук К.О., д.т.н., професор
Паляничка Н.О., к.т.н., доцент

Рецензент: Волошина А.А., д.т.н., професор кафедри МСТТ

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри ОПХВ імені професора Ф.Ю. Ялпачика
Протокол № 1 від 27.08. 2021 року.

Затверджено методичною комісією механіко-технологічного факультету,
протокол № 10 від 31.08.2021 року.

Лабораторна робота

Тема: Використання електронно-іонної технології для зберігання плодовоовочевої продукції

Мета роботи: 1. Ознайомитись з електрофізичними основами електронно-іонної технології.

2. Ознайомитись з застосуванням електронно-іонної технології у харчовій промисловості і застосовуваними апаратами для здійснення процесу електроантисептування.

Час: 2 год.

1. Завдання роботи

Вивчити:

1. Загальні види електричних розрядів у газах.
2. Методи зберігання продуктів сільськогосподарського виробництва із застосуванням ЕІТ.

3. Загальну будову і принцип роботи апаратів для здійснення процесу електроантисептування.

Ознайомитись з питанням:

1. Загальні відомості про електронно-іонну технологію.
2. Види електричних розрядів у газах.
3. Апарати і прилади для електроантисептування харчових продуктів.

2. Завдання для самостійної роботи

1. Ознайомитись з наданим теоретичним матеріалом.

Після виконання роботи студент повинен :

Знати:

1. Наведений теоретичний матеріал.

Вміти:

1. Аналізувати наведений теоретичний матеріал.

3. Об'єм виконання роботи

1. Ознайомитися з наданим теоретичним матеріалом.
2. Відповісти на контрольні питання.
3. Скласти звіт.

4. Теоретичні основи

4.1 Загальні відомості про електронно-іонну технологію

На сьогоднішній день у світовій практиці існують різні способи зберігання соковитої рослинності, у яких застосовується один інгібіруючий фактор, поєднання двох або декількох факторів, що обумовлюють збереженість продукції.

Дослідження, проведені Чижевським А.Л., показали, що надмірні концентрації негативних іонів ($105-107 \text{ іон/см}^3$) пригнічують фізико-хімічні процеси в рослинному організмі, стримують ріст, уповільнюють дихання. Встановлено, що іонізоване повітря має бактерицидну дію і консервуючу здатність, що важливо для отримання продуктів високої якості й тривалого їхнього зберігання. Це полягло в основу можливості застосування іонізованого повітря в сховищах з метою поліпшення збереженості плодів і овочів. Електронно-іонна обробка дозволяє знизити втрати продукції й продовжити строки її зберігання без погіршення біохімічних і смакових показників.

На основі концепції про взаємодію аероіонів з біологічними об'єктами інженером А.І.Бутом була запропонована нова технологія зберігання харчових продуктів, і, у першу чергу, плодоовочевої продукції, названа **електронно-іонною технологією (ЕІТ) або електроантисептуванням**.

Вона заснована на цілеспрямованому впливі на харчові продукти негативно зарядженими (електрони, іони) і активними (збуджені атоми й молекули) частками, що утворюються в результаті штучної іонізації повітря. Метод обробки зводиться, головним чином, до бомбардування поверхні харчових продуктів зарядженими частками, що утворюються в результаті іонізації повітря електричним полем або електричними розрядами. При електричних розрядах поряд з аероіонами утворюється газ - озон, який є сильним окислювачем, що володіє вираженою бактерицидною дією.

Особливі перспективи розкриваються при комплексному використанні ЕІТ і газоселективних матеріалів. У цьому випадку на перших етапах зберігання за допомогою ЕІТ досягається ефект, що стерилізує, овочі та фрукти, а потім у результаті їхнього дихання природним шляхом створюється атмосфера, у якій метаболічні процеси плодів різко загальмовуються. Зниження дихальної активності позитивно впливає на стан рослинних тканин, що приводить до значного збільшення строків зберігання зі збереженням високих технологічних якостей. Таким чином, досягаються

обидві основні умови тривалого зберігання - пригнічення життєдіяльності гнильної мікрофлори й інгібування метаболізму.

Процес утворення аероіонів і озону тісно взаємопов'язані. Єдиної думки про те, як варто вести обробку рослинної сировини із соковитими тканинами, поки не існує. Деякою мірою сприяють поліпшенню збереженості рослинної сировини й заряджені частки (аероіони), і нейтральні компоненти іонізованого повітря (озон і двоокис азоту). Встановлено також, що вуглекислий газ, що утворюється в невеликих кількостях, перешкоджає розвитку цвілі на продуктах, що зберігаються.

При обробці продуктів даним методом відбувається уповільнення процесів життєдіяльності всередині клітини, завдяки впливу аероіонів, а також часткове знезаражування поверхні продукції озоном.

При належному підборі режимів іонізації повітря, завдяки комбінованому впливу на продукцію, що зберігається, як аероіонів, так і молекул озону, можна домогтися високої бактерицидної дії на патогенну мікрофлору повітря й поверхні продуктів, а також стабілізації обмінних процесів у продуктах, що зберігаються. Це приведе до збільшення строку зберігання продуктів і збереженню їх первісних якостей (смак, колір, аромат, соковитість, вміст вітамінів).

Аналіз режимів аероіонної обробки продукції рослинництва показує, що вони змінюються в широких межах і повинні бути визначені для кожного сорту й виду плодів, оскільки останні відрізняються по своєму хімічному складу, а окремі компоненти в них варіюють по якості та кількості й тим самим становлять їхню особливість і оригінальність. Отримані дані, що доводять високу ефективність електронно-іонної обробки продуктів, у результаті якої відзначається зниження втрат від мікробіологічних захворювань, а також, у деяких випадках, поліпшення біохімічних показників.

4.2. Прилади для електроантисептування харчових продуктів

Як було сказано вище, *електронно-іонна технологія* - це галузь науки і техніки, що вивчає явища, пов'язані з виникненням електричних розрядів та рухом їх в електричних полях.

Ці явища використовуються при створенні практично корисних приладів для здійснення різноманітних технологічних процесів.

Основною задачею процесу дослідження ЕІТ є у визначенні оптимальних параметрів впливу електричної енергії на живі системи, в

основному на плодоовочеву продукцію, і *створення засобів для його здійснення*.

Тому у зв'язку з розвитком електрофізики та потребою удосконалення технології виробництва з'явилась необхідність у створенні апаратів і процесів, фізичною основою яких є силовий вплив електрофізичних полів на електрзаряджені частинки.

Різні види електричних розрядів та електричних полів здійснюють свій визначений вплив на харчові продукти.

4.3 Види електричних розрядів у газах

Під електричним розрядом у газах розуміється процес проходження електричного струму через іонізовані гази. На рисунку 1 схематично показано класифікацію електричних розрядів у газах.

Це питання тісно пов'язано з фізико-технічними основами аероіонізації.



Рисунок 1 - Види електричних розрядів у газах

В залежності від природи розрядних процесів у газах електричні розряди у газах поділяються на *несамостійні, напівсамостійні та самостійні*.

Несамостійні обумовлені дією зовнішніх об'ємних факторів (термічна іонізація, зовнішня фотоіонізація, рентгеноіонізація, радіаційна іонізація) або поверхневих іонізуючих факторів (термоелектронна емісія при зовнішньому джерелі нагрівання катоду та фотоелектронна емісія).

Напівсамостійні розряди обумовлені сумісною дією зовнішніх та внутрішніх іонізуючих факторів, причому, останні мають місце при проходженні електричного струму через газ.

До числа внутрішніх іонізуючих факторів належать: ударна об'ємна іонізація, внутрішня фотоіонізація та викидання електронів з поверхні катоду при ударах об нього позитивних іонів.

При **напівсамостійному** розряді у випадку припинення дії зовнішніх іонізуючих факторів, сила струму, що проходить через газ, спадає до нуля.

Самостійні розряди обумовлені дією виключно внутрішніх іонізуючих факторів.

Таким чином, самостійні розряди є розрядами, що само підтримуються.

Характер протікання самостійного розряду у газі залежить від роду умов, і насамперед, від природи і тиску газу, форми електродів і якості їх поверхні, довжини розрядного проміжку, опору у розрядному ланцюгу та потужності джерела струму.

4.4 Прилади для електроантисептування харчових продуктів

Апарати, за допомогою яких здійснюється штучна іонізація повітря, називаються генераторами іонів.

У цей час для штучної іонізації повітря застосовуються іонізатори й озонатори різних конструкцій. Відомі електричні іонізатори типу ІЕ-1 для іонізації повітря в інкубаторах і типу АЕ-1 для іонізації повітря при клітинному утриманні птахів й кролів виробляють обмежену кількість легких негативно заряджених іонів ($500-5000 \text{ іон/см}^3$), що позитивно впливають на життєдіяльність і продуктивність молодняку тварин і птахів, але не виробляють бактерицидний газ озон, присутність якого бажано для антисептування продуктів при підготовці їх до зберігання.

Товщина іонізаційної області залежить від напруги на розрядному проміжку та при коронному розряді ця область становить 1 - 10 мм. На синтез іонів впливають різні фактори:

- **вплив величини розрядного проміжку** пов'язаний з ростом перепаду температури в газі при збільшенні розрядного проміжку, тому вихід іонів тим більше, чим менше розрядний проміжок;

- при значному підвищенні потужності спостерігається зниження концентрації іонів. Це пояснюється підвищенням температури газу в розрядному проміжку. Також встановлено, що зі зниженням температури електродів вихід іонів підвищується.

- на процеси високовольтного розряду в повітрі істотно впливають **вологість і різні дисперговані частки**, викликаючи, зокрема, різні нестандартні явища, знижуючи концентрацію аероіонів.

Оскільки всі апарати ЕІТ працюють від однакових джерел електроенергії, які, в основному, відрізняються потужністю, напругою постійним або змінним струмом, то до джерел електроживлення пред'являються високі вимоги: вони повинні забезпечувати стабільність і плавне регулювання вихідної напруги, високий ККД, надійність роботи, компактність, відносно малу масу, економічність і безпеку в роботі.

Універсальний пристрій для електроантисептування харчових продуктів, зображений на рисунку 2. У ньому змонтовано 6 термостатних камер. Перші три камери 1 обладнані електронагрівачами та терморегуляторами, які забезпечують підтримку постійної температури у кожній камері відповідно 50, 30 та 25°C.

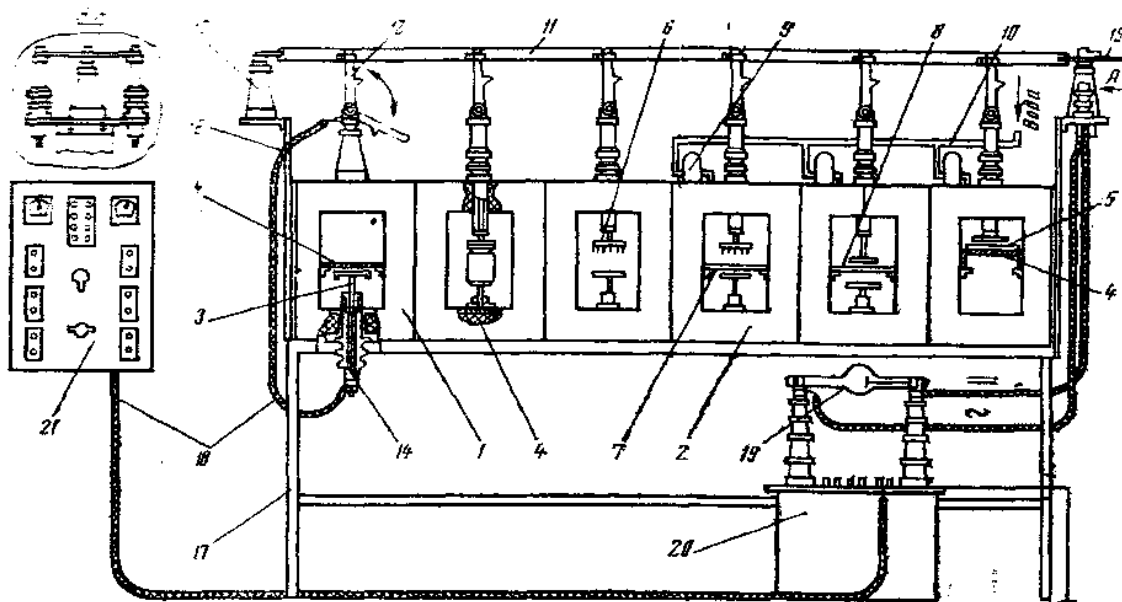


Рисунок 2 — Універсальний лабораторний пристрій для електроантисептування харчових продуктів

У трьох камерах 2 передбачені терморегулятори для зниження температури відповідно на 5, 10 та 15°C. Це досягається шляхом

пропускання холодної води через порожньотілі стінки камер від водопроводу 10, швидкість якої регулюється терморегуляторами 9.

У кожній камері може здійснюватися той чи інший вид електричного розряду або створюватися електричне поле.

У першій камері встановлені високовольтний електрод 3 та діелектричний бар'єр 5.

Продукти можна завантажувати у нижню або верхню частину камери.

У другій камері на заземлений електрод 4 встановлюється скляна банка з продуктом, на кришку якої подається висока напруга.

У третій камері змонтований коронуючий електрод 6.

У цьому випадку під іонізацією повітря розуміється процес надавання молекулам енергії від високовольтного джерела в зоні коронного розряду. Коронний розряд супроводжується рухом часток газу від коронуючого електрода так званим електричним вітром з утворенням озону. Рух часток в електричному полі корони пов'язаний із зарядами часток і впливом на них сил електричного поля коронного розряду. За межі чохла корони в зовнішню зону рухається потік носіїв заряду, знак якого збігається зі знаком коронуючого електрода.

У четвертій камері між електродами встановлена діелектрична сітка 7, на якій розміщуються продукти.

У п'ятій камері між електродами встановлена діелектрична пластинка 8 (слюда) з отвором для отримання факельного розряду.

У шостій камері за допомогою електродів 4 та діелектричного бар'єру 5 створюється тихий розряд у верхній частині камери.

Тихий розряд здійснюється між діелектричними електродами, на які подається напруга перемінного струму. Цей розряд - одна з найбільш складних форм електричних розрядів. Він характеризується малими розрядними проміжками та порівняльно високим тиском: у його формуванні велику роль відіграють діелектричні електроди.

Наявність діелектричного бар'єру значно підвищує пробивну напругу. Бар'єрний ефект досягає максимуму, коли бар'єр розташований більш близько до іонізуючого електрода, ніж до неіонізуючого. Від величини бар'єрного опору залежить величина сили струму в розрядному проміжку, і, отже, величина потоку негативних аероіонів. Бар'єрний опір має порядок 100 Мом.

Напруга до електродів подається від загальної високовольтної шини 11 через роз'єднувачі 12. Шина закріплена на ізоляторі 13, встановленому на стойці 16. Напруга у камери подається через прохідні ізолятори 14. За

допомогою високовольтного перемикача 15 виникає зміна полярності на електродах і подача постійного та перемінного струму.

Всі камери встановлені на станині 17. Напруга до камер подається кабелем 18. Перемінна напруга від трансформатора 20 випрямляється кенотроном 19.

Керування пристроєм здійснюється з пульта керування 21, на якому змонтована вимірювальна та регулююча апаратура.

На рис. 3 приведено електричну схему лабораторного пристрою для електроантисептування харчових продуктів.

У схемі передбачені система коронуючих електродів 1, факельні електроди 2, конденсаторні електроди 3, електроди тліючого розряду 4 та імпульсний генератор 5.

Вказані електричні розряди здійснюються від *джерела високої напруги* (складається з високовольтного трансформатора ТГ, регулятора напруги ТР, трансформатора **накалювання** кенотрону ТК, кенотрона КР, міліамперметра МА, вольтметра V, пускової апаратури КГ, систем управління та сигналізації, блокування трансформатора БВ, пускових кнопок ПК, реле захисту РЗ, сигнального трансформатора ТС). Також у схемі передбачені шунтові реле К_Г, реостат К₂ та шунт міліамперметра К₃.

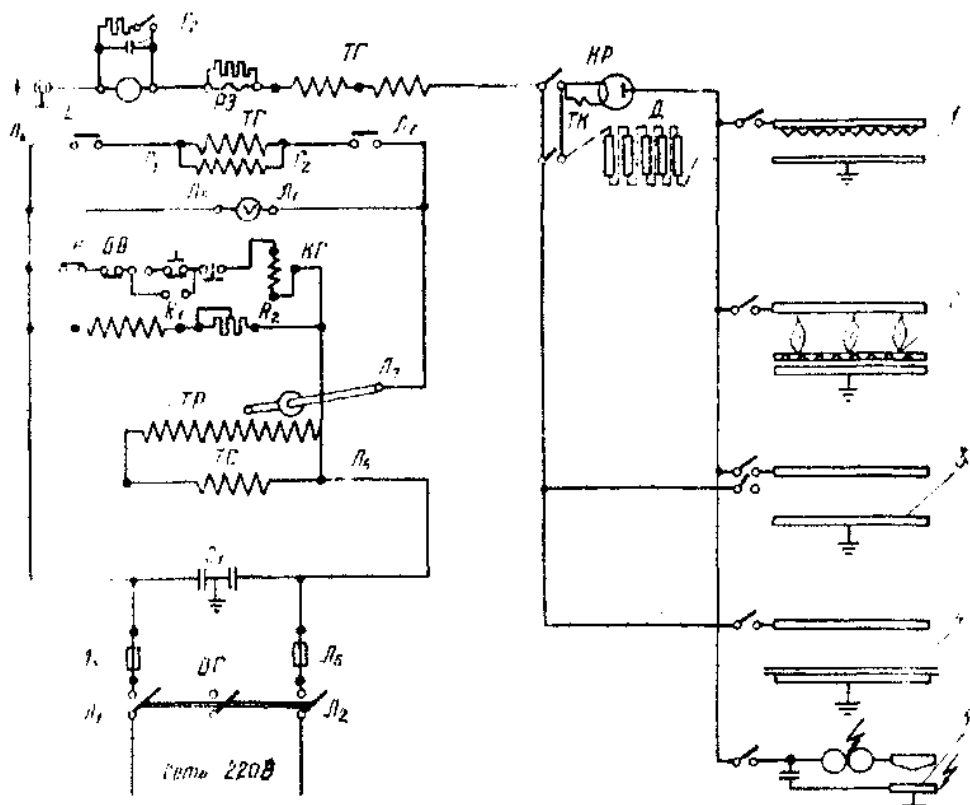


Рисунок 3 - Електрична схема лабораторного пристрою для електросептування харчових продуктів

Необхідний вид розряду досягається шляхом включення відповідної схеми електродів.

Вказана схема електроживлення пристроїв для електроантисептування харчових продуктів зберігається для різних призначень, однак, межі регулювання напруги, величини і роду струму, полярності і т.п. підбираються у відповідності з необхідною продуктивністю, виду і сорту продуктів, що підлягають обробці.

Пристрій для електросептування плодоовочевої продукції (торгівельний прилавок), представлений на рисунку 4.

Камера закріплена на столі 6. Від пульта керування 7 за допомогою кабелю 9 регульована напруга подається на високовольтний трансформатор 8. Продукти 11 у тарі 10 поміщають у камеру, де встановлений термометр 12 і психрометр 13. Високовольтний трансформатор обладнаний огороженням 14. Перевага такого пристрою в простоті й надійності, оскільки електроди перебувають у верхній частині камери.

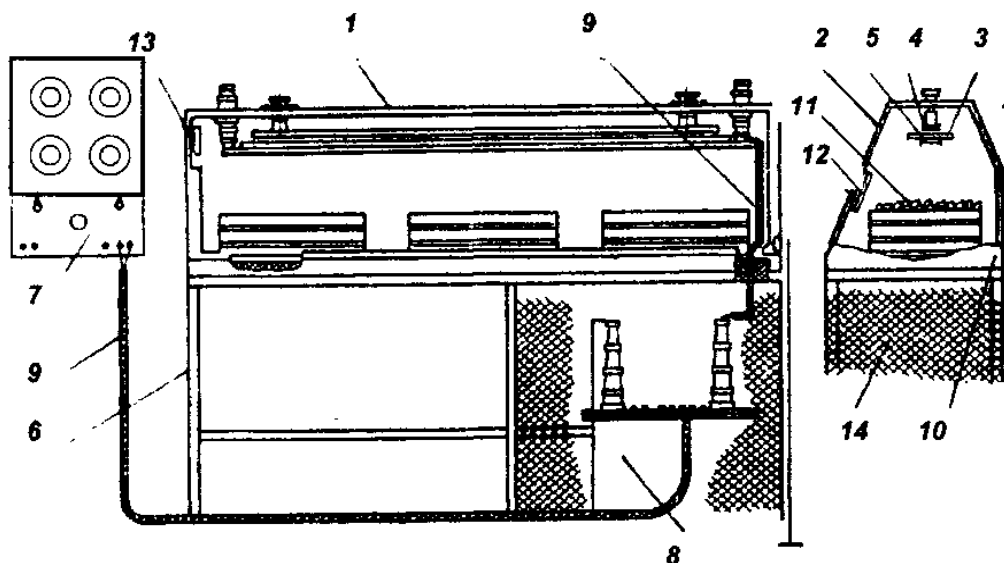


Рисунок 4 - Пристрій для електроантисептування плодоовочевої продукції (торгівельний прилавок)

Пересувний пристрій для електроантисептування харчових продуктів в овочесховищах, зображений на рисунку 5.

У верхній частині овочесховища змонтована самохідна каретка із приводом 2. Каретка переміщається вздовж сховища по напрямної 3. На каретці встановлений понижувальний трансформатор 4 для живлення електропривода, пантограф 5 із тролеем 6. Напруга подається на електроди генератора заряджених часток 1 і на електропривод через понижувальний трансформатор.

За допомогою перемикача 7 здійснюється реверс електропривода для зворотно-поступального руху каретки вздовж овочесховища.

Електрогенератор заряджених часток складається з ізованих круглих електродів 8, діелектричного бар'єра 9 і заземленого електрода 10.

Робота пристрою здійснюється від пульта керування 11. За допомогою високовольтного трансформатора 12 від мережі напругою 220 В змінний струм трансформується до напруги 15—20 кВ та високовольтним кабелем подається на тролей, які натягуються на високовольтних ізоляторах вздовж стіни овочесховища. Контейнери 13 із плодами чи овочами встановлюються штабелями на рейках з таким розрахунком, щоб були проходи для огляду й кращої вентиляції оброблюваних продуктів. У тих випадках, коли необхідно впливати електричним полем, високовольтний електрод підвішують до каретки таким чином, щоб він проходив між штабелями з певним зазором.

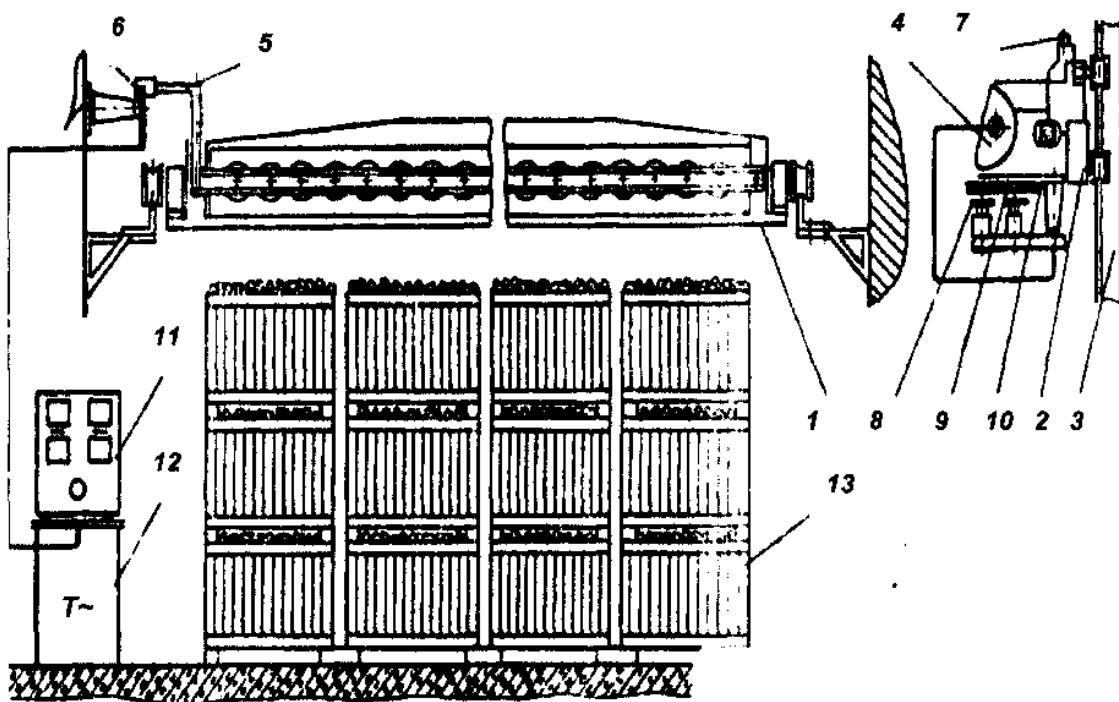


Рисунок 5 - Пересувний пристрій для електроантисептування харчових продуктів в овочесховищах

Такий пристрій може працювати безупинно й обробляти великі об'єми продуктів при мінімальній потужності високовольтного трансформатора. У періодично діючих камерах електрообробка здійснюється короткочасно, наприклад 1 год. у добу. При цьому ККД пристрою максимальний, а капітальні вкладення — мінімальні.

Очевидно доцільно використовувати пересувні пристрої для електроантисептування харчових продуктів безпосередньо в складах і овочесховищах.

У деяких випадках при повній автоматизації складських робіт доцільно застосовувати потокові лінії електроантисептування харчових продуктів.

Розроблено експериментальну установку для електроантисептування харчових продуктів (рисунок 6).

Потокова лінія електроантисептування харчових продуктів передбачає повну автоматизацію всіх технологічних операцій і вантажно-розвантажувальних робіт.

Потокова лінія електроантисептування харчових продуктів представляє собою прямокутну камеру 1. У нижній частині камери встановлений трансформатор 2 на високовольтних ізоляторах 8, по обидва боки камери розташовані форкамери 4 і 5, на яких змонтовані на ізоляторах транспортери 6 і 7. Форкамери постачені шлюзовими затворами 8, 9, 10 і 11, за допомогою яких досягається герметизація камери в процесі завантаження та вивантаження продуктів. У центрі камери встановлений коронуючий електрод 12 на високовольтному ізоляторі 13. Між заземленим електродом 14 і високовольтним 15 створюється розряд для генерації заряджених часток. Високовольтний електрод, закріплений на ізоляторах 16, а діелектричний бар'єр 17 перебуває на заземленому електроді, встановленому на підставці 18.

Висока напруга від джерела струму 19 через випрямлячі 20 і 22 перемикачем 21 подається на коронуючі електроди (постійний струм) і на генератор заряджених часток (змінний струм). Транспортери приводяться в рух від приводу 23. Продукти навантажуються в камеру в контейнерах або тарі 24 із залізничних вагонів 25 і після електроантисептування на автотранспорт 26.

У деяких випадках, наприклад, при відправленні швидкопсувної рослинної сировини із плантацій його привозять автотранспортом і після електроантисептування завантажують у залізничні вагони для відправлення на далекі відстані.

Аналогічні лінії можуть бути використані в портах, на аеродромах і для інших цілей.

У всіх випадках для створення сприятливих умов роботи потокової лінії передбачається вентилятор 27, система трубопроводів 28 і засувки 29 для регулювання повітряного потоку й переміщення заряджених часток, які можуть генеруватися, як у нижній, так і у верхній частині камери.

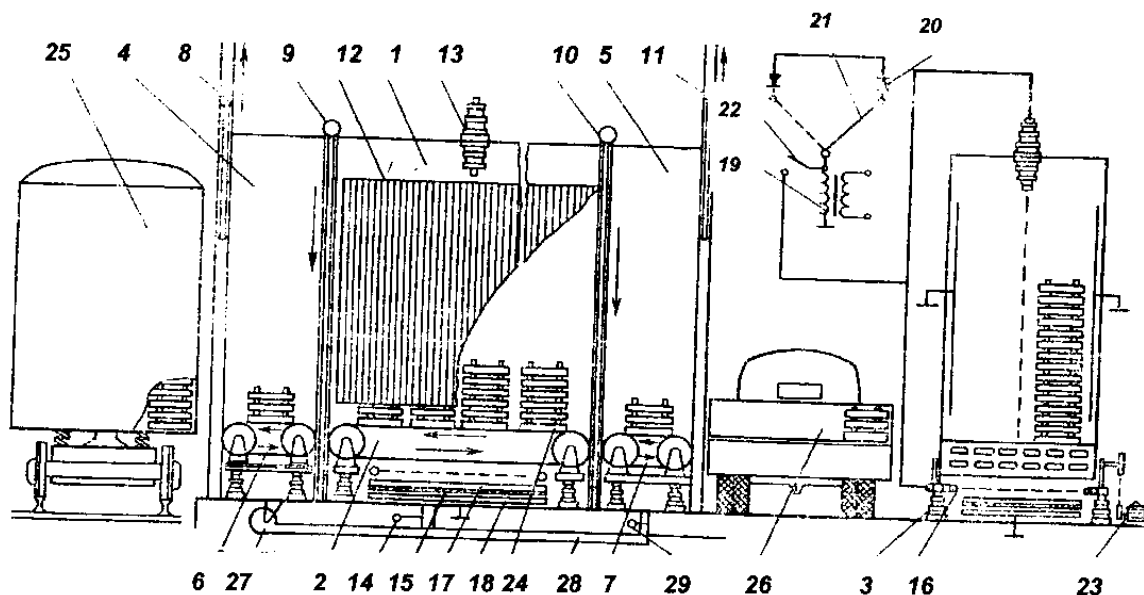


Рисунок 6 - Установка для електроантисептування харчових продуктів

Через значні габарити генераторів іонів пристрої такого типу важко використовувати для обробки плодів у пакетах, а неможливість регулювання величини напруги значно звужує область їх застосування.

Виходячи з вищесказаного, розроблений та запатентований, зручний в користуванні пристрій для підготовки продуктів до зберігання в пакетах, в основу якого покладено фізичне явище коронного розряду в газовому середовищі.

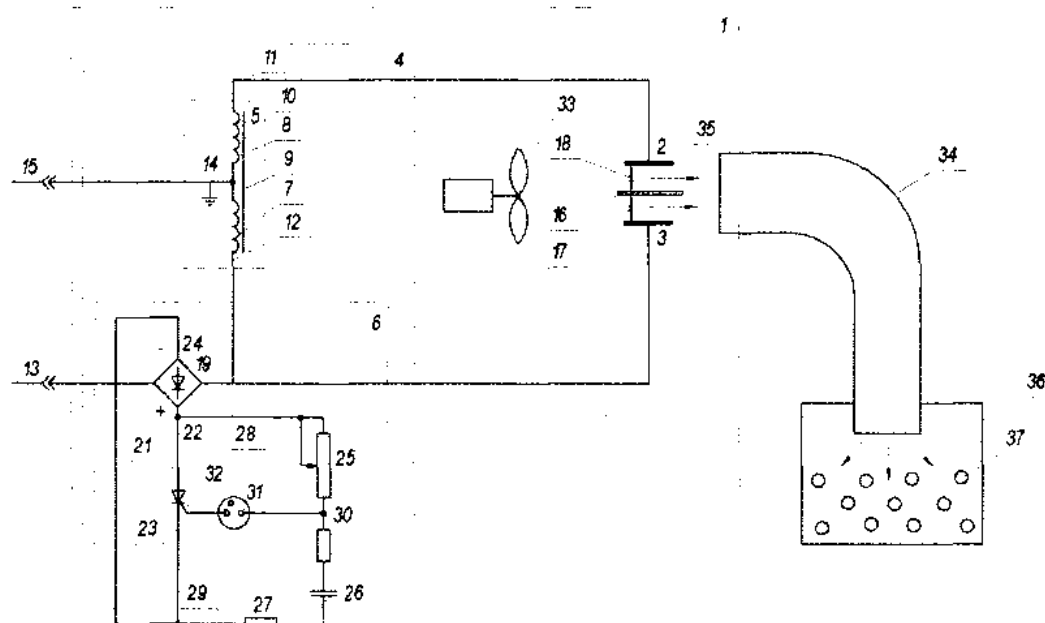
У пристрої (рисунок 7) джерело живлення 4, що складається з підвищувального трансформатора 5 і фазоімпульсного регулятора напруги 6 розміщений у камері іонізації повітря 1. Підвищувальний трансформатор 5 виготовлений у вигляді двосекційної індукційної котушки з різною кількістю витків у секціях 7,8, з'єднаних послідовно, розташованих на загальному сердечнику 9 і утворюючих разом вторинну обмотку 10 підвищувального трансформатора 5. Вільні кінцівки 11,12 секцій 7,8 призначені для приєднання електродів 2,3. Секція 7 з меншою кількістю витків є первинною обмоткою підвищувального трансформатора 5. Кінець 12 секції 7 є загальним для первинної й вторинної обмотки 10, він з'єднаний з позитивним електродом 3 і через послідовно включений фазоімпульсний генератор 6 напруги приєднаний до фазного проводу 13 електромережі. Середня точка 14 вторинної обмотки 10 заземлена й приєднана до нульового проводу 15 електромережі.

За рахунок виконання підвищувального трансформатора у вигляді двосекційної індукційної катушки з різною кількістю витків у секціях (первинна обмотка: кількість витків -198, провід ПЗФ-155, діаметр-1,12 мм;

вторинна обмотка - кількість витків-16300, провід ПЗФ-155, діаметр 0,071мм), з'єднаних послідовно, розташованих на загальному сердечнику, з'явилася можливість при загальній меншій кількості витків отримати таку ж величину напруги, як і у прототипі, і за рахунок цього значно зменшити масу й габаритні розміри підвищувального трансформатора й пристосування в цілому.

Діелектричний бар'єр (16) встановлений між електродами (2,3) з зазорами (17,18) із двох сторін. У запропонованій установці роль бар'єру грає скло товщиною 2 мм.

За рахунок такого технічного рішення отримана напруженість електричного поля, необхідна для іонізації повітря при незначних розмірах міжелектродного проміжку (6 мм).



1 - камера іонізації повітря; 2,3 - електроди; 4 - джерело живлення; 5 - підвищувальний трансформатор; 6 - фазоімпульсний регулятор напруги; 7,8 - витки секцій індукційної катушки; 9 - сердечник індукційної катушки; 10 - вторинна обмотка підвищувального трансформатора; 11,12 - вільні кінцівки секцій 7,8; 13 - фазний провід електромережі; 14 - середня точка вторинної обмотки 10; 15 - нульовий провід електромережі; 16 - діелектричний бар'єр; 17,18 - зазори; 19 - двонапівперіодний випрямляч; 20 - тиристор; 21 - катод; 22 - позитивна клемма; 23 - анод; 24 - негативна клемма; 25 - регулюючий резистор; 26 - конденсатор; 27 - резистор; 28,29 - з'єднувальні провoda; 30 - точка з'єднання регулюючого резистора 25 і конденсатора 26; 31 - пороговий елемент; 32 - керуючий електрод; 33 - вентилятор; 34 - гнучкий шланг; 35 - антисептичний газ; 36 - поліетиленовий пакет; 37 - продукція.

Рисунок 7 - Принципова схема пристрою для підготовки продуктів до зберігання

Виготовлення порогового елементу у вигляді неонові лампи забезпечує спрощення схеми фазоімпульсного генератора напруги і, крім того, сигналізує про включення пристосування в мережу. Пристрій додатково містить вентилятор 33, що створює швидкість руху повітря 1, 5-2,0 м/с (більше сильний потік повітря неефективний, тому що концентрації іонів у повітряному середовищі буде недостатньо, і гнучкий металевий шланг 34, що призначений для транспортування антисептичного газу 35 у пакети 36 із продукцією 37, призначеної для зберігання. Оптимальними умовами транспортування іонізованого повітря є транспортування в металевому повітропроводі. Діелектричні повітропроводи непридатні для цих цілей у зв'язку з явищами «запирання» іонів внаслідок зарядки діелектрика.

Принцип роботи пропонованого пристрою пояснюється схемою (рисунок 7).

При підключенні його до фазного проводу 13 і нульовому проводу 15 живильної електромережі, у секції 7 трансформатора 5, протікає змінний струм, у результаті чого у вторинній обмотці 10 підвищувального трансформатора 5 індукується електрорушійна сила (ЕРС) високої напруженості, величина якої визначається по формулі:

$$E = \frac{W_7 + W_8}{W_7} \quad (1)$$

де W_7, W_8 - кількість витків у секції 7,8 відповідно.

Індукована у вторинній обмотці ЕРС високої напруги надходить на електроди 2,3, розміщені в камері іонізації 1. Під впливом електричного поля високої напруги між електродами 2 і 3 виникає електричний розряд, у результаті якого відбувається іонізація повітря з попутним утворенням озону, що є сильним антисептиком. Антисептичний газ 35, що утворюється в зазорах 17,18 видувається вентилятором 33 і за допомогою гнучкого шланга 34 транспортується в пакети 36 із продукцією 37, призначеної для зберігання. Інтенсивність іонізації регулюється залежно від виду продукції за допомогою фазоімпульсного регулятора напруги 6, що зібраний на базі триелектродного тиристора 20, двонапівпровідникового випрямляча 19 і граничного елемента 31. Тривалість відкритого стану тиристора 20 у кожний напівперіод напруги живлення залежить від моменту спрацьовування граничного елемента 31, у якості якого використана неонові лампа. Вона ж служить індикатором роботи регулятора 6. При включенні пристрою в електромережу через регулюючий резистор 25 та резистор 27 заряджається конденсатор 26. При напрузі на конденсаторі 60 - 70 В неонові лампа 31 загоряється й через

керуючий електрод 32 відкриває тиристор 20. Момент загоряння неонові лампи 31 визначається параметрами елементів 25,26,27 і регулюється зміною величини опору регулюючого резистора 25. Таким чином, через секцію 7, що є первинною обмоткою підвищувального трансформатора 5, буде протікати змінний струм, що індукуює у вторинній обмотці 10 ЕРС високої напруги.

При дотриманні температурного ($+3^{\circ}\text{C}$) і вологісного (95%) режимів під час обробки плодів, пристрій дозволяє отримувати іони негативної полярності (табл. 1) і озон у концентраціях ($0,001\text{--}10\text{ мг/м}^3$ залежно від параметрів іонізуючого електричного струму).

Досягнення позитивного ефекту при здійсненні даного технічного рішення підтверджується можливістю застосування пристрою для обробки з різними режимами рослинної сировини, призначеного для зберігання. Продуктивність пристрою - $9,3\text{ кг/год}$, габаритні розміри - $200\times130\times130\times130\text{ мм}$, маса - $2,0\text{ кг}$, вартість - порядку 60 грн. , споживаний електричний струм - 30 мА при напрузі в мережі 220 В .

Визначення концентрації та знака іонів у повітрі при штучній іонізації здійснено за допомогою лічильника іонів СІ-1.

Таблиця 1 - Концентрація іонів негативної полярності залежно від режимів іонізації повітря електричним струмом коронного розряду

№ досвіду	Параметри іонізації повітря		Концентрація іонів, іон/см^3
	Напруга, В	Експозиція, хв.	
1	5000	5	$4,8\cdot10^3$
2	5000	10	$9,4\cdot10^3$
3	5000	20	$10,8\cdot10^3$
4	10000	5	$14,2\cdot10^3$
5	10000	10	$19,2\cdot10^3$
6	10000	20	$28,8\cdot10^3$
7	15000	5	$32,2\cdot10^3$
8	15000	10	$38,4\cdot10^3$
9	15000	20	$57,6\cdot10^3$

5. Зміст звіту

У процесі виконання роботи студент готує звіт по роботі, у який входить інформація у відповідності із завданням роботи. Оформлення звіту проводиться згідно вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ 2105 - 79 "Загальні вимоги до текстових документів". Звіт повинен містити:

- номер, назву і мету роботи;

- коротку характеристику і принцип роботи апаратів ЕІТ;
- висновки.

Примітка:

Матеріал роботи входить у відповідні модулі, а ступінь засвоєння матеріалу контролюється при здачі модуля.

6. Питання для самопідготовки

1. Які способи зберігання рослинної сировини Ви знаєте?
2. На основі якої концепції запропонована нова технологія зберігання харчових продуктів, і, у першу чергу, плодоовочевої продукції?
3. Що таке ЕІТ?
4. Що відбувається у плодах та овочах при обробці їх озоном? іонізованим повітрям?
5. Що є основною задачею дослідження процесів ЕІТ?
6. Що розуміється під електричним розрядом у газах?
7. Які види електричних розрядів у газах Ви знаєте?
8. Як називаються апарати, за допомогою яких здійснюється штучна іонізація повітря?
9. Які фактори впливають на синтез іонів?
10. Які апарати для електроантисептування харчових продуктів застосовуються і принцип їх дії.
11. Що таке діелектричний бар'єр і для чого його застосовують?

7. Методичні вказівки до виконання роботи

1. Згідно поставленої мети роботи з'ясувати, що необхідно знати і вміти по закінченню виконання роботи.
2. Згідно об'єму виконання роботи відповісти на контрольні питання.
3. Скласти звіт.
4. Необхідний теоретичний матеріал надано в методичних вказівках і додатках.
5. Робота розрахована на 2 години.

8. Рекомендована література

1. Попков В.И. Электронная технология. / В.И. Попков, В.И. Левитов, А.И. Бут. – М., 1962.- 48 с.
2. Капцов Н.А. Электрические явления в газах и вакууме. / Н.А. Капцов. – М.:Наука, 1950.-320 с.

3. Леб Л. Основные процессы электрических разрядов в газах (пер. с англ.) / Л. Леб. – М.: Пищевая промышленность, 1974.- 583 с.

4. Лившиц М.Н. Аэроионизация. Практическое применение. / М.Н. Лившиц – М.: Стройиздат, 1990.-168 с.