

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно–енергетичний факультет

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

**ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ:
методичні рекомендації для виконання самостійної роботи
здобувачами вищої освіти ступеня «бакалавр»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» денної форми навчання**

МИКОЛАЇВ

2017

УДК 631.637

ББК 40.76

Е-50

Рекомендовано науково-методичною комісією інженерно-енергетичного факультету МНАУ, протокол № 9 від “ 27 “ квітня 2017 р.

Укладачі:

Д. О. Захаров – асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Миколаївського національного аграрного університету.

С. Є. Бясов – викладач спеціальних дисциплін першої категорії Новобузького коледжу Миколаївського національного аграрного університету.

Рецензент:

О. О. Черно – канд. техн. наук, доцент кафедри комп’ютеризованих систем управління Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

© Миколаївський національний аграрний
університет, 2017

Зміст

Вступ.....	4
1. Загальні рекомендації щодо організації самостійного вивчення дисципліни ..	5
2. Розподіл часу вивчення дисципліни.....	6
3. Планування самостійної роботи	10
4. Організація самостійної роботи.....	11
Матеріал для самостійного опрацювання.....	11
Тема №1: Установки сепарації зерна в електростатичному полі і полі коронного розряду.....	11
Тема №2: Передпосівна обробка насіння в електричному полі.....	18
Тема №3: Електроаерозольні установки.....	19
Тема №4: Установки зневоднення трави	24
Тема №5: Установки обробки соломи електричним струмом	29
Тема №6: Установки для електромеліорації ґрунтів.....	33
Рекомендована література	37

Вступ

Основна мета методичних вказівок полягає у наданні допомоги студентам у засвоєнні матеріалу з дисципліни "Електрофізичні методи обробки сільськогосподарської продукції" під час виконання лабораторних робіт. Матеріал, наведений у даних методичних рекомендаціях, складено у відповідності до навчального плану дисципліни "Електрофізичні методи обробки сільськогосподарської продукції" для підготовки фахівців вищих аграрних учбових закладів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», і робочою навчальною програмою дисципліни, розробленою на кафедрі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки та затвердженою Вченою радою Миколаївського національного аграрного університету.

Тематику самостійної роботи з дисципліни та методичні вказівки до її виконання складено таким чином, що завдання до самостійної роботи розподілені рівномірно практично між усіма темами робочої навчальної програми. Самостійна робота передбачає вивчення теоретичного матеріалу та його закріплення під час виконання практичних завдань. Література до самостійної роботи обиралася з літературних джерел робочої навчальної програми дисципліни за принципами наявності у бібліотечному фонді, вичерпності, ясності та стислості подання матеріалу.

1. Загальні рекомендації щодо організації самостійного вивчення дисципліни

Вивчення дисципліни "Електрофізичні методи обробки сільськогосподарської продукції" сприяє засвоєнню здобувачами вищої освіти фізичної сутності та взаємозалежності електричних, фізичних процесів, які відбуваються в усталених та перехідних режимах роботи перетворювачів теплової та електричної енергії, а також засобів досліду та математичного опису електричних і електротеплових процесів перетворення енергії, засобів регулювання, властивостей і характеристик, основ проектування устаткування для обробки сільськогосподарської продукції.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні **знати:**

- принципи перетворення електричної енергії в теплову;
- способи електронагріву і їх раціональне застосування в сільськогосподарському виробництві;
- технологічні властивості електричного струму, електричних і магнітних полів, інших проявів електричної енергії з метою їх використання для інтенсифікації технологічних процесів, підвищення виходу і зниження собівартості сільськогосподарської продукції;
- будову, принцип дії, методики розрахунку і вибору електротехнологічних установок і пристроїв;
- перспективні напрямки використання методів електрофізичної обробки та їх використання для інтенсифікації технологічних процесів перетворення енергії, засобів регулювання, властивостей і характеристик.

вміти:

- виконувати інженерні розрахунки й вибирати електротехнологічні установки і пристрої, задавати їм необхідний режим роботи, визначати й усувати несправності;

- розробляти і складати електричні схеми керування електротехнологічними установками;
- здійснювати техніко–економічне обґрунтування застосування методів електрофізичної обробки в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва.
- користуватись різноманітним програмним забезпеченням для проектування та розрахунку електротехнологічного обладнання.

Навчальний матеріал слід вивчати послідовно:

1. Ознайомитись із змістом програми, практичними роботами та методичними вказівками.
2. Опрацьовувати програмний матеріал за рекомендованою літературою в послідовності, поданій у навчальних завданнях.
3. За допомогою тестування перевірити свої знання з дисципліни.

Вивчення дисципліни „Електрофізичні методи обробки сільськогосподарської продукції” проводиться в цьому семестрі і передбачає лекційні заняття та самостійну роботу студентів. На самостійну роботу студентів відводиться робочими навчальними програмами 42 годин.

Завдання самостійної роботи студентів:

1. Оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов’язкових навчальних занять.
2. Набуття додаткових знань з дисципліни.
3. Вироблення фахових та дослідницьких вмінь та навичок.

2. Розподіл часу вивчення дисципліни

Робочою програмою дисципліни «Електрофізичні методи обробки сільськогосподарської продукції» передбачається структура розподілу часу (табл. 1) для вивчення дисципліни.

Таким чином, майже 60% часу вивчення дисципліни (42 години) протягом семестру відведено на самостійну роботу. Цей час розподілено між трьома змістовими модулями дисципліни.

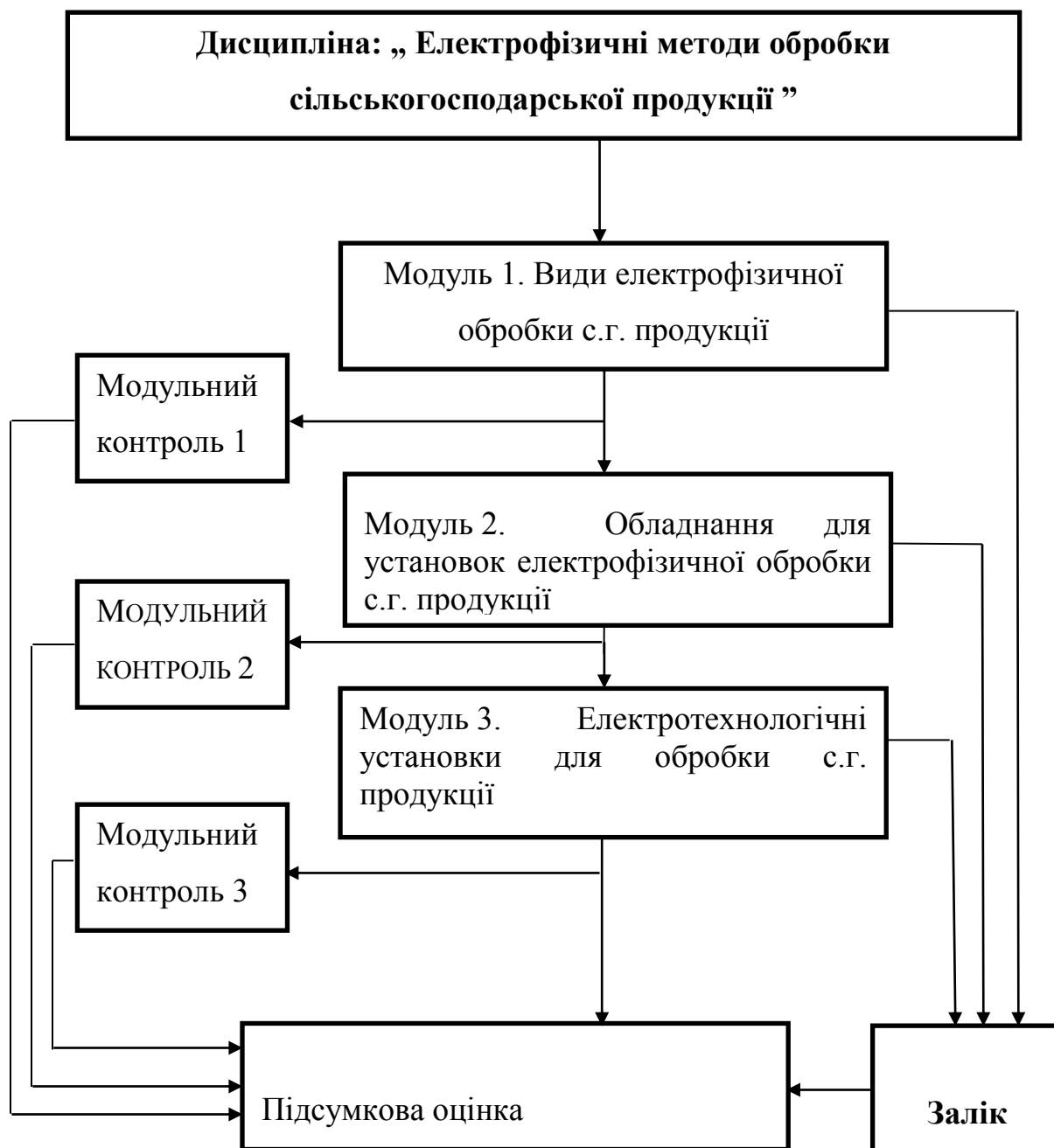
Таблиця 1

Розподіл часу вивчення дисципліни " Електрофізичні методи обробки сільськогосподарської продукції" (витяг з робочої програми)

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма (або заочна форма)					
	всього	у тому числі				
		лк	пз	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1. Види електрофізичної обробки с.г. продукції						
Проблеми застосування електрофізичних методів і засобів впливу на сільськогосподарську продукцію	7	2	-	-	-	5
Класифікація методів електрофізичної обробки с.г. продукції	9	2	-	2	-	5
Всього за модулем 1:	16	4	-	2	-	10
Модуль 2. Обладнання для установок електрофізичної обробки с.г. продукції						
Генератори високої напруги для електротехнологічних установок	9	2	-	2	-	5
Системи керування параметрами	9	2		2	-	5

технологічного процесу обробки с.г. продукції						
Вимірювальні пристрої для реєстрації режимів обробки с.г. продукції	9	2	-	2	-	5
Всього за модулем 2:	27	6	-	6	-	15
Модуль 3. Електротехнологічні установки для обробки с.г. продукції						
Установки для електроплазмолізу рослинної сировини.	9	2	-	2	-	5
Електросепаратори та установки для передпосівної обробки насіння.	9	2	-	2	-	5
Електрогідравлічний ефект. Знезараження та очистка води.	11	2	-	2	-	7
Всього за модулем 3:	29	6	-	6	-	17
Всього:	72	16	-	14	-	42

Структурно-логічна схема вивчення дисципліни « Електрофізичні методи
обробки сільськогосподарської продукції »



3. Планування самостійної роботи

У зв'язку з проблемно-пошуковим характером дисципліни, студентам пропонується матеріал для самостійного опрацювання окремих тем. Рекомендоване планування часу самостійної роботи студентів над теоретичним та практичним матеріалом з дисципліни «Електрофізичні методи обробки сільськогосподарської продукції» наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Рекомендований розподіл часу самостійної роботи для засвоєння теоретичних знань та практичних навичок з дисципліни
« Електрофізичні методи обробки сільськогосподарської продукції »

№ п/п	Тема самостійної роботи за навчальним планом	Час опрацювання матеріалу, години
1	Тема №1: Установки сепарації зерна в електростатичному полі і полі коронного розряду	7
2	Тема №2: Передпосівна обробка насіння в електричному полі	7
3	Тема №3: Електроаерозольні установки	7
4	Тема №4: Установки зневоднення трави	7
5	Тема №5: Установки обробки соломи електричним струмом	7
6	Тема №6: Установки для електромеліорації ґрунтів	7

4. Організація самостійної роботи

Сорок дві години самостійної роботи, заплановані на весь час вивчення дисципліни протягом семестру, розподілені пропорційно до кількості тижнів навчання у семестрі (15). Тому у середньому на самостійну роботу з дисципліни припадає 2...3 години на тиждень. Важливо, щоб цей час був використаний у режимі найвищої ефективності засвоєння матеріалу. У великій мірі цьому сприяє правильна організація самостійної роботи. Для цього необхідно по-перше, заздалегідь подбати про наявність літератури до самостійної роботи; по-друге, лекційний матеріал має опрацьовуватися в день його подання в аудиторії, або, у крайньому випадку, наступного дня; по-третє, бажано, щоб до практичних завдань з самостійної роботи студенти приступали перед виконанням лабораторних робіт, що стосуються відповідного лекційного матеріалу.

Матеріал для самостійного опрацювання

Тема №1: Установки сепарації зерна в електростатичному полі і полі коронного розряду

Установки для розділення сипучих сумішей за їх фізичними і геометричними параметрами називаються сепараторами. Широко відомі механічні сепаратори, що розділяють суміші за формою часток, видом поверхні, питомій вазі і так далі

Для здійснення механічної сепарації задіюється безліч машин. Електротехнологічні методи дозволяють підвищити якість сортування, використовуючи сили, що діють на заряджені частки в електричному полі. Перші сепаратори з використанням електромагнітних полів використовувалися для розділення насіння з гладкою і шорсткою поверхнею. Суміш насіння перемішувалася з тонкодисперсним магнітним порошком, який затримувався

на шорсткій поверхні насіння. У магнітному полі на насіння з шорсткою поверхнею діяла додаткова сила, що відділяла їх від насіння з гладкою поверхнею.

Нині розроблені декілька типів сепараторів з використанням електростатичного поля і поля коронного розряду.

У електростатичному полі зерна поляризуються: один кінець зерна, звернений до позитивного електроду, отримує негативний заряд, інший - позитивний. Якщо зерно має форму еліпсоїда обертання з коефіцієнтом сферичності

$$K_{\Phi} = \frac{l_B}{l_M},$$

де l_B - довжина великої осі еліпсоїда;

l_M - довжина малої осі еліпсоїда;

То в електричному полі при різнойменних зарядах на кінцях еліпсоїда виникає момент, орієнтуючий його уздовж силових ліній поля.

$$M_{\gamma} = \frac{\varepsilon_0 E_0^2}{\delta \pi} V_{\epsilon} \Phi_r \sin 2\gamma,$$

де $\varepsilon_0, E_0, \gamma$ - відповідно діелектрична проникність повітря, напруженість поля і кут нахилу великої осі еліпсоїда до площини електроду;

V_{ϵ} - об'єм зерна;

Φ_r - коефіцієнт форми.

Час орієнтації зерна в міжелектродному просторі, прямо пропорційний величині:

$$\tau_{op} = l_B \sqrt{\frac{1 + K_{\Phi}^2}{\Phi' - \Phi} j_2 \left(\frac{1}{\varepsilon_r - 1} + \Phi \right) \left(\frac{1}{\varepsilon_r + 1} + \Phi' \right)},$$

де j_2 - щільність частки;

ε_r - діелектрична проникність частки;

Φ і Φ' - коефіцієнти деполяризації уздовж великої і малої осі.

Описані закономірності використані при конструюванні гратчастих електросепараторів. У них на плоскі сортувальні решета з круглими отворами накладається електростатичне поле (рис. 1).

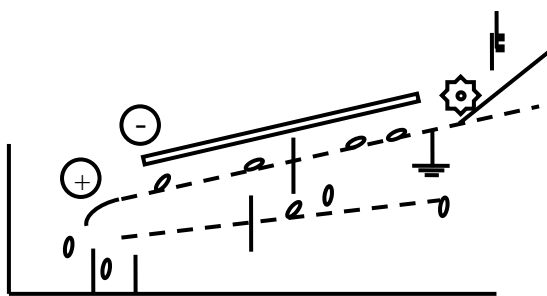


Рис. 2 - Схема гратчастого електросепаратора

Решета сепаратора вібрує з певною частотою і амплітудою у вертикальній площині. Зерна, отримуючи заряд під час контакту з решетом, при відриві від решета орієнтуються уздовж силових ліній поля. Вірогідність проходження орієнтованого зерна зростає. Неорієнтовані зерна сходять з решета. Сорткування робиться за наступними властивостями: коефіцієнт сферичності, напруженість поля, щільність і діелектрична проникність. Можливість розділення компонентів суміші визначається різницею діапазонів часу їх орієнтування. При повному неспівпаданні діапазонів можливе повне розділення. При перекритті діапазонів можливе лише часткове розділення.

Напруженість електричного поля при розділенні вівса і вороху складає 420 кВ/м, діаметр отворів - 3 мм, частота коливань решета - 7,5 Гц, питоме навантаження на 1 м - 0,09 кг/с, ширина решета - 1 м, довжина - 3,3 м, кут нахилу - 20°. Випробування такого типу сепаратора показали можливість відділення вороху від вівса, тоді як інші види сепараторів не дозволяють зробити такого розділення.

Сепарація насіння в електричному полі можлива по напруженості поля, якщо решета коливаються в горизонтальній площині. Насіння в цьому випадку увесь час у контакті з решетом і заряджаються контактним способом. Одна з сил, що діють на частки, обумовлена напруженістю електростатичного поля :

$$E_0 > \frac{\sqrt{m_q}}{l_B} K_\Phi,$$

де m_q - маса частки

K - коефіцієнт, що визначається формою, кутом нахилу осі відносно до

решета і діелектричною проникністю частки.

Для ефективного процесу сепарації напруженість поля повинна пульсувати з певною частотою, оскільки при постійній напруженості картина електричного поля в отворі решета така, що частки затримується в ньому.

Дрібне насіння з невеликою щільністю, заряджене контактним способом, при певній напруженості поля можуть бути притягнуті до протилежно зарядженого електроду. Таким чином, з'являється можливість відокремити дрібне насіння і домішки.

Частіше для сепарації насіння використовується поле коронного негативного уніполярного розряду. При введенні в зону коронного розряду частинок останні отримують заряд іонів і переміщуються до заземленого електроду. У системі сил, що діють на частку, з'являється ще одна сила електростатичної взаємодії, що змінює траєкторію частки. Час заряду частки складає 0,01 с.

Граничний заряд для частки еліпсоїдної форми при орієнтуванні більшої осі уздовж силових ліній:

$$q_{\text{ч}} = \frac{E_0 \varepsilon_{\text{ч}} l_B l_M^2}{1 + (\varepsilon_{\text{ч}} - 1) \varphi} \pi \varepsilon_0 ;$$

при орієнтуванні меншої осі уздовж силових ліній:

$$q_{\text{ч}} = \frac{E_0 \varepsilon_{\text{ч}} l_B l_M}{1 + (\varepsilon_{\text{ч}} - 1) \varphi} \pi \varepsilon_0 ;$$

а для частинок сферичної форми :

$$q_{\text{ч}} = \left(1 + 2 \frac{\varepsilon_{\text{ч}} - 1}{\varepsilon_{\text{ч}} + 2} \right) 4 \pi \varepsilon_0 E_0 r_{\text{ч}}^2 .$$

Заряд частки визначається її розміром, формою, діелектричною проникністю і положенням відносно вектору напруженості поля.

Схеми сепараторів з використанням поля коронного розряду приведені на рис. 2. Умовно усі схеми сепараторів можна розбити на: камерні (рис. 2, а, д) і барабанні (рис. 2, б, в, г, е).

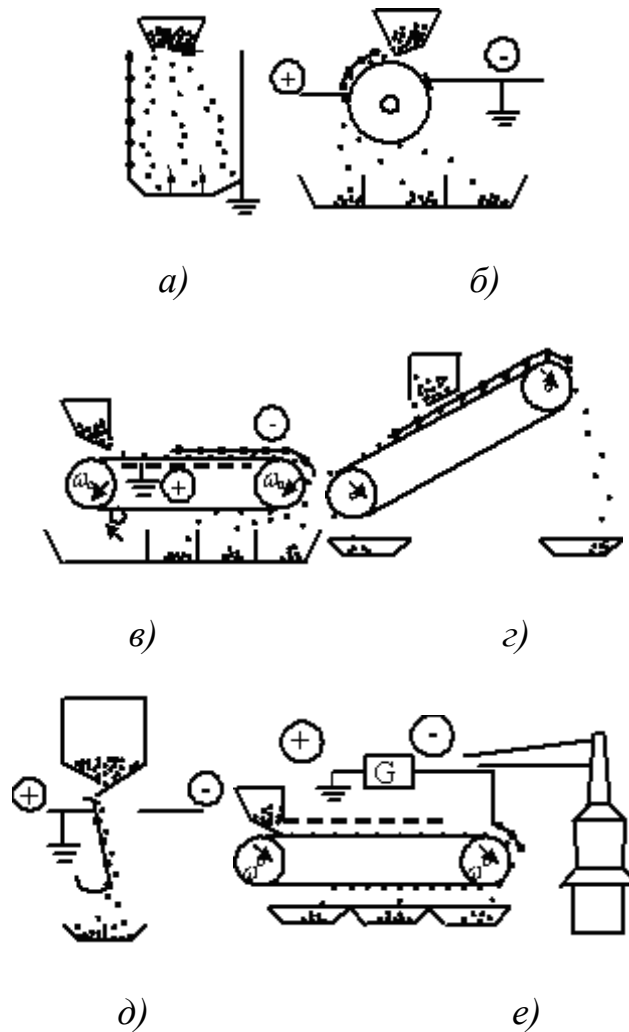


Рис. 2 - Схеми електросепараторів : а) камерний; б) коронний барабанний;
в) коронний транспортерний; г) сепаратор типу «гірка»;
д) пластинчатий коронний; е) сепаратор з електростатичним і коронним розрядом

Траєкторія руху зерна в камерному сепараторі визначається масою частки і величиною її заряду. При вільному падінні частки її траєкторія - пряма лінія під кутом α_H до вертикалі, якщо велика вісь співпадає з віссю поля.

$$\operatorname{tg} \alpha_H = \frac{6\varepsilon_0 E_0^2}{g\varphi l_{\phi\phi} K_\phi},$$

де
$$K_\phi = \frac{1 + (\varepsilon_q - 1)\varphi}{\varepsilon_q}.$$

Тобто траєкторія частки визначається критерієм розділення :

$$C_{p\kappa} = \frac{1}{\varphi l_{\phi\phi} K_\phi}.$$

У камерному сепараторі розділяють насіння сферичної форми. Це обумовлено тим, що насіння подовженої форми при попаданні в камеру орієнтовані невизначено, а це змінює величину, тобто траєкторія також виявляється невизначеною.

При очищенні насіння трав з великим коефіцієнтом сферичності в камерному сепараторі з осаджувальним електродом, виконаному з ряду проводів, забезпечується висока якість розділення. Продуктивність до 400 кг в годину, робоча напруга до 30 кВ.

У основі усіх конструкцій барабанних сепараторів (і їх різновидів - транспортерних сепараторів) лежить наступний принцип роботи. Частки, знаходячись на поверхні заземленого барабана (транспортера), заряджаються в полі коронного розряду, що створюється коронуючим електродом, який розташований над барабаном. В деяких випадках на поверхню барабана наноситься тонкий ізолюючий шар. Між зарядженою часткою і барабаном діє електростатична сила.

Будучи у контакті з барабаном, частинка втрачає частину заряду. Розрядка частки залежить від її діелектричних властивостей. Якщо розряд значний, то барабан покривають ізолюючим шаром.

На частку, що знаходиться на поверхні барабанів, діють наступні сили (рис. 3) : сила F_K , викликана дією електричного поля; сила F_G - сила тяжіння; сила дзеркального відображення F_3 , тобто сила взаємодії зарядженої негативної частки і позитивно зарядженого барабана; пондеромоторна сила F_{II} , обумовлена зміщенням в просторі протилежних зарядів на кінцях частки; сила F_{II} - відцентрова; сила тертя - $F_{тр}$.

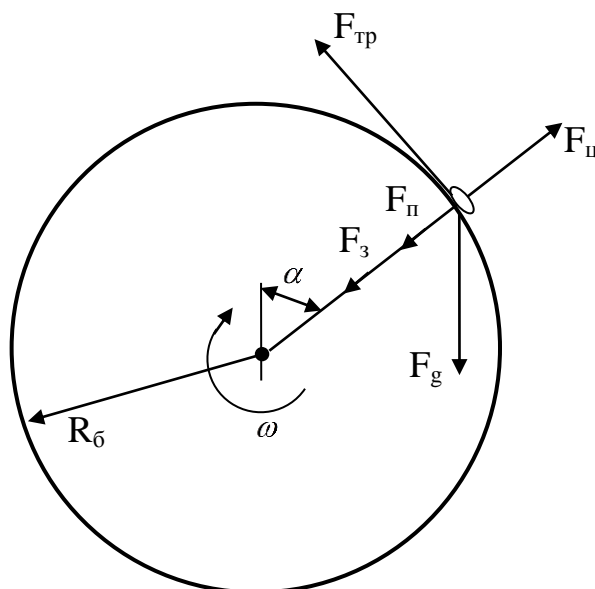


Рис. 3 - Сили, що діють на частку на поверхні барабана

Точка відриву частки від поверхні барабана визначається моментом, коли результуюча сил, спрямована по нормалі до поверхні, дорівнюватиме нулю, тобто:

$$F_{\Pi} + F_3 + F_g \cos \alpha = F_{\text{ц}},$$

$$\cos \alpha = \frac{F_{\text{ц}} - F_{\Pi} - F_3}{F_g},$$

де $F_{\text{ц}} = \frac{mV^2}{R_{\text{б}}}$; $F = mg$; $m = V\rho$; $F_3 = \frac{g^2}{\pi \varepsilon_0 l^2}$.

Підставляючи вирази сил, отримаємо:

$$\cos \alpha = \frac{V^2}{gR_{\text{б}}} - \frac{6\varepsilon_0}{g} E^2 C_{\text{б}},$$

де $C_{\text{б}}$ - критерій розділення

$$C_{\text{б}} = \frac{M_{\kappa} \varepsilon_{\text{ч}}}{b\rho[1 + (\varepsilon_{\text{ч}} - 1)d_b]} \left[1 + \frac{a}{b} \cdot \frac{M_{\kappa} \varepsilon_{\text{ч}}}{1 + (\varepsilon_{\text{ч}} - 1)d_b} \right].$$

Коронні барабанні сепаратори застосовуються для очищення насіння зернових, овочевих культур, видалення домішок, травмованого і зіпсованого насіння з малою масою.

Тема №2: Передпосівна обробка насіння в електричному полі

Обробка насіння в досить сильних електричних полях природно ставить питання про вплив електричних полів на їх життєві функції. Після зимового зберігання життєздатність насіння значно знижується. Для стимуляції насіння перед посівом використовується безліч способів : легко-тепловий, яровізації, скарифікації, збагачення мікроелементами, гамма-опромінення, обробка променем лазера і так далі

Проведені дослідження по дії електростатичного поля і поля коронного розряду на біологічні процеси в зерні дали позитивні результати.

Установка для обробки насіння в електростатичному полі є металевим транспортером (сітка), на який засипається зерно в один або декілька шарів. Над зерном розташовується нерухомий електрод (рис. 4).

Зерно на рухливому електроді може бути в електричному контакті з ним, а може бути ізолювано за допомогою діелектричної плівки. При обробці в полі коронного заряду нерухомий плоский електрод замінюється електродом з декількох паралельних проводів малого діаметру. У дослідях змінювалися: полярність електродів, міра заповнення міжелектродного простору, напруженість електричного поля E , час експозиції. Контролювалися: енергія проростання, схожість і сила початкового зростання.

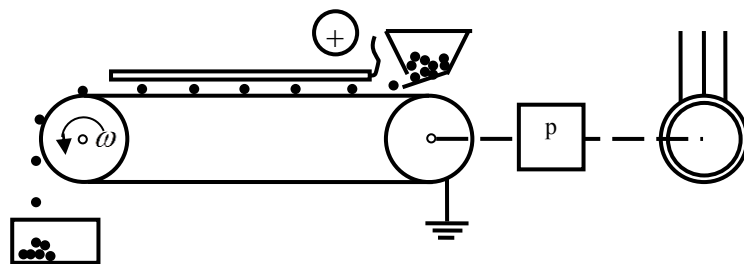


Рис. 4 - Схема установки обробки насіння в електростатичному полі

Механізм дії електричного поля на насіння дуже складний і слабо вивчений. Дія поля на насіння проявляється в зарядці нейтральних молекул, зміні величини і знаку заряду клітин, появи струмів провідності і зміщення.

При обробці насіння в електричному полі з середньою напруженістю 250...600 кВ/м і тривалістю 2...3 с прискорюється зростання рослини, що призводить до підвищення врожайності на 5,15 %. Вміст білку в зернах пшениці збільшується на 0,5...1,2 %, вміст крохмалю у бульбах картоплі збільшується на 2,5...5,7 %, цукристість цукрового буряка підвищується на 0,2...0,8 %.

Важливе значення має і час між обробкою і висівом. Так, для зернових культур цей термін складає 10...15 діб, для картоплі - 1...10 діб.

Багат шарове розташування зерна при обробці дає результат не гірший, а іноді і кращий, ніж під час одношарового розміщення. Наявність повітряного проміжку між зерном і верхнім електродом покращує результати обробки.

Простота технічних рішень дозволяє здійснювати обробку на стандартних механізмах, що комплектуються електродами і джерелами живлення.

Тема №3: Електроаерозольні установки

Аерозолями називаються дрібні краплі або тверді частки, зважені в газовому середовищі. Зі зменшенням розміру частинок їх маса зменшується пропорційно кубу, а площа - квадрату радіусу. При тому, що при розпиленні одиниці маси речовини її поверхня збільшується в тисячі разів. Зі збільшенням площі речовини зростає її хімічна і біологічна активність. Аерозолі, що несуть електричний заряд, носять назву електроаерозолів. Оскільки електричний заряд зменшує силу поверхневого натягнення, то величина окремих крапель знижується з 200...400 мкм до 10...20 мкм, що веде до тисячократного збільшення поверхні крапель при однаковій масовій витраті.

Оскільки частки заряджаються однойменними зарядами, то під впливом електростатичних сил аерозольна хмара значно збільшується в об'ємі.

Якщо об'єкт, на поверхню якого повинні осідати заряджені аерозольні

частки, має рівномірний поверхневий заряд протилежного знаку, то аерозоль рівномірно розподіляється по поверхні об'єкту і навіть осідає на зворотному боці об'єкту.

Найбільш відомі аерозолі, що використовуються в побуті і виготовляються в аерозольній упаковці. Рідкі речовини: одеколони, лаки, фарби, освіжувачі повітря, інсектициди - перетворюються на аерозолі при тому, що розпилюються за допомогою стислого повітря. Аерозолі твердих речовин утворюється як за допомогою стислого повітря (газу), так і з використанням механічних пристроїв. Наприклад, за допомогою диска, що обертається.

Зарядка частинок аерозоля може робитися трьома способами: контактним, в полі коронного розряду і індукційним.

Контактний спосіб зарядки частинок найпростіше здійснюється, якщо у момент відриву частки від кінцевого пристрою, його вихідний отвір заряджений, і, отже, частинка деякий час перебуває у контакті з ним, отримує заряд тієї ж полярності.

Так в пристрої для електростатичного розпилення пестицидів заряд частинок робиться при контакті з металевим диском, що обертається, до якого підведений електричний потенціал. Обприскувач живиться від гальванічних елементів (рис. 5).

У порожнистій ручці з електроізоляційного матеріалу 1 розміщені: генератор високої напруги 2, батарея 3, вимикач 4, заземлюючий пристрій 5. Ручка сполучена з агрегатом, що складається з диска 6, двигуна 7, форсунки 8 і ємності для пестициду 9.

Напруга на виході генератора - 35 кВ, напруга батареї - 12 В.

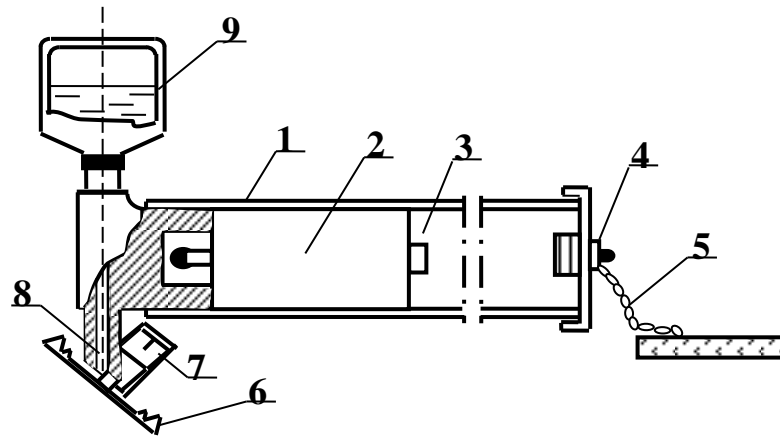


Рис. 5 - Електростатичний ручний розпилювач

При напыленні рідини на заземлену горизонтальну трубу з відстані 0,5 м, швидкості переміщення розпилювача 3 км/год і витраті рідини 60 см/хв розподіл щільності рідини показаний на рис. 6.

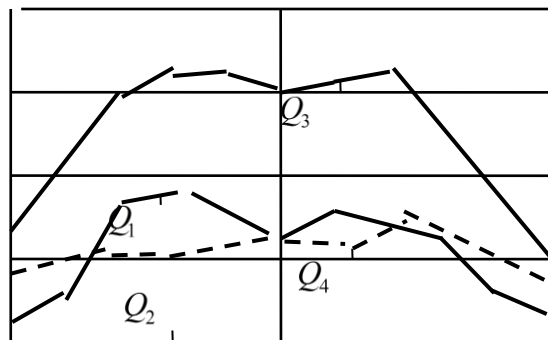


Рис. 6 - Щільність розподілу частинок :

- 1 – верхня частина труби, $U = 0$ кВ; 2 - нижня частина труби, $U = 0$ кВ;
3 – верхня частина труби, $U = 35$ кВ; 4 - нижня частина труби, $U = 35$ кВ

Контактний спосіб використовується і при розпыленні рідини через форсунку. При цьому потенціал подається на форсунку.

Істотним недоліком електроконтактного способу зарядки частинок є можливість винесення потенціалу на усі агрегати установки при підвищеній електропровідності рідини.

Для збільшення опору рідини трубопровід від резервуару до форсунки виготовляють завдовжки до 20 м з пластмасової трубки з хорошими ізоляційними властивостями.

Індукційний спосіб зарядки частинок полягає в тому, що перед

форсункою розташовується кільцевий електрод, якому надається позитивний потенціал, а форсунка заземляється. На форсунці і, отже, в рідині індукується негативний заряд, обумовлений позитивним потенціалом електроду (рис. 7).

Заряд крапель рідини обумовлений здатністю їх заряджатися, що визначається постійною часу

$$\tau = \varepsilon_0 \varepsilon \rho ,$$

де ρ - питомий опір рідини Ом·м.

Процес утворення крапель і їх зарядка відбуваються одночасно, і успішна їх зарядка можлива за умови, якщо час зарядки менший за час утворення крапель, тобто

$$\tau < t_{\text{кп}} .$$

Час утворення крапель :

$$t_{\text{кп}} = \frac{l_c}{g} ,$$

де l_c - відстань від зрізу форсунки до точки утворення крапель, м;

g – швидкість струменя, м/с.

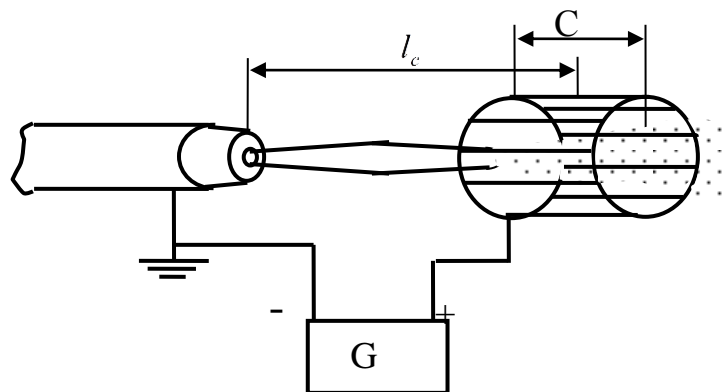


Рис. 7 - Схема індукційної зарядки часток

Напруженість поля на поверхні струменя при коаксіальності струменя і електроду :

$$E_j = \frac{g}{r_j \ln \frac{r_0}{r_j}} ,$$

де r_j - радіус струменя, м;

r_0 – радіус електроду, м;

Щільність поверхневого заряду на струмені:

$$\delta_j = \varepsilon_0 E_j.$$

Величина конвективного струму :

$$i_0 = \frac{2\varepsilon_0 g Q}{r_j^2 \ln \frac{r_0}{r_j}},$$

де Q - витрата рідини $\text{м}^3/\text{с}$.

Схема форсунки для індукційної зарядки частинок пестициду приведена на рис. 8.

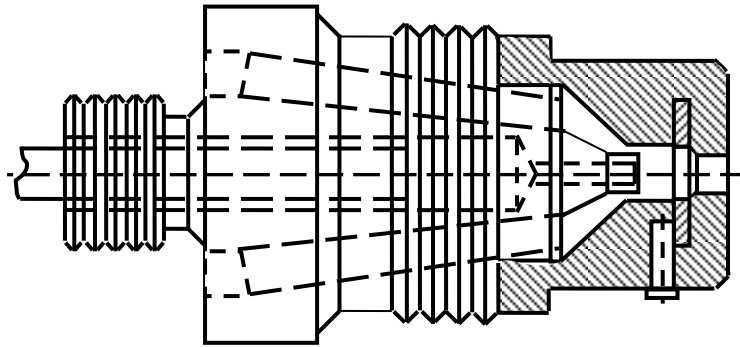


Рис. 8 - Схема форсунки індукційної зарядки часток

Граничною напругою слід вважати напругу виникнення корони :

$$U_0 = (30r_j\delta + 9\sqrt{r_j\delta}) \lg \frac{r_0}{r_j},$$

де δ - відносна щільність повітря.

Величина конвективного потоку лінійно залежить від напруги на електроді і витрати рідини.

Обприскувач із зарядкою частинок в полі коронного розряду представлений на рис. 9.

Рідина подається через форсунку 1 і зривається потоком повітря в соплі 2. Аерозольні частки, що утворилися, заряджаються в полі коронуючих електродів 3. Напруга на електроди подається від генератора 4, який отримує живлення від батареї 5.

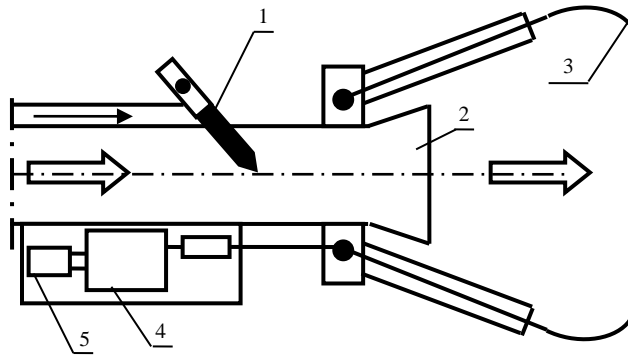


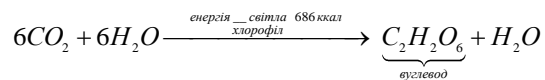
Рис. 9 - Обприскувач із зарядкою частинок в полі коронного розряду

Теоретичні і експериментальні дослідження показують, що електростатичне обприскування не завдає шкоди рослинам. У верхній частині корони дерев осадження збільшується на 80...85 %, порівняно з традиційним обприскуванням без зміни в нижній частині рослини. Рівномірність розподілу обприскуваного матеріалу значно зростає при механічному збудженні рослин, яке може бути здійснене повітряним потоком.

Тема №4: Установки зневоднення трави

Фотосинтезом називається первинний синтез органічних речовин з вуглекислого газу і води з використанням енергії світла, яка при цьому перетворюється на потенційну хімічну енергію органічних речовин.

Рівняння фотосинтезу :



Дихання рослин - окислювальний розпад складних органічних сполук, кінцевими продуктами якого є вуглекислий газ і вода з виділенням енергії :



Порівняння рівнянь фотосинтезу і дихання показує, що ці процеси енергетично протилежні, хоч і не відображають усієї складності процесів перетворення речовин. При скошуванні рослин (трави) процеси фотосинтезу припиняються, а процеси дихання, що супроводжуються розпадом поживних

речовин, тривають тривалий час. Для збереження поживних речовин і вітамінів необхідно зупинити або загальмувати процеси дихання. Це можна зробити різними способами: швидко висушити, заморозити, законсервувати і так далі. Найчастіше роблять сушку трави в природних умовах. Швидкість сушки залежить від кліматичних і погодних умов.

Сонячна радіація активізує розпад поживних речовин, ферментів і вітамінів, що різко знижує якість сіна. Погіршують якість сіна і опади : роса, дощі. Значні втрати поживних речовин через нерівномірності сушки листя і стебел. Для прискорення процесу сушки використовуються електроплазмолізатори. Плазмоліз - це відшарування протоплазми рослинної клітини від оболонки в результаті дифундування води з вакуолі у більш концентрований зовнішній розчин. При зниженні концентрації зовнішнього розчину вода проникає крізь протоплазму у вакуоль, тиск підвищується і протоплазма притискається до оболонки, тобто настає стан тургору. Процес плазмолізу обернений, але до певної межі, після якої властивості протоплазми не відновлюються, клітина гине, а біологічно пов'язана з нею рідина виходить в міжклітинний простір. Створення плазмолізу дією на рослинну клітину електричного струму називається електроплазмолізмом, а пристрої - електроплазмолізаторами. Простий електроплазмолізатор типу валка представлений на рис. 10.

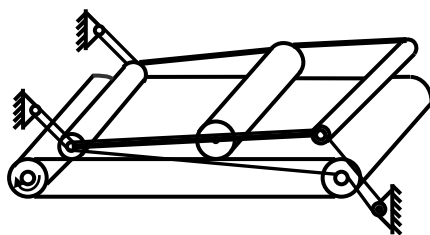


Рис. 10 - Валок електроплазмолізатор

Валок електроплазмолізатор складається з двох металевих валків - електродів, що обертаються зустрічно. Скошена трава подається в проміжок між валками. На валки через струмознімачі подається змінна напруга. У дослідних зразках косарки - електроплазмолізатора, виконаних на базі косилки-

плющилки КПВ- 3,0 електроплазмоліз робиться при одночасному плющенні стебел трави. Для рівномірного розподілу струму по ширині валків на поверхні останніх розташовують виступи специфічної конструкції. Напруженість електричного поля в шарі трави між валками дорівнює 60...75 кВ/м. Тривалість сушки трави зменшується в 1...3 рази, а вміст каротину в сіні (при вологості 18 %) на 50 % вищий, ніж в сіні, скошеному на тій же косарці, але без електроплазмолізатора. Живлення валків здійснюється від генератора змінного струму і трансформатора. Частота змінної напруги варіюється в межах 20...150 Гц, але найчастіше використовується промислова частота 50 Гц.

Електроплазмоліз визначається наявністю ефекту електроосмосу, а в якості мембран розглядаються мембрани органоїдів рослинної клітини, плазмолема, сама оболонка клітини. Електроосмос спостерігається і при постійному струмі, проте електроплазмолізатори зазвичай живляться від мережі змінного струму.

Проведені дослідження по дослідженню електроосмосу на змінному струмі. Як мембрана використовувалося стебло трави. Дослід був проведений з використанням простої кювети (рис. 11.), заповненої дистильованою водою.

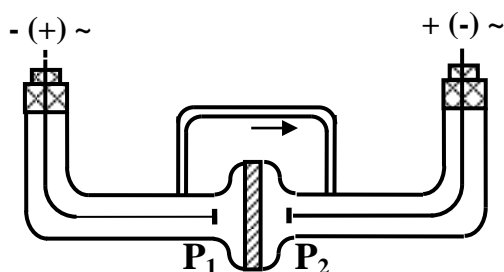


Рис. 11 - Схема кювети для дослідження електрофорезу на рослинній мембрані

При розташуванні анода з боку паренхіми стебла тиск і бульбашка повітря в капілярі переміщається з певною швидкістю у напрямі стрілки (див. рис. 11).

При зміні полярності електродів бульбашка не переміщається. При змінній напрузі на електродах бульбашка переміщається в тому ж напрямі, але зі вдвічі меншою швидкістю. Таким чином, для потоку розчинника стебло

трави має вентиляльний ефект, що, зрештою, і дозволяє здійснювати електроплазмоліз на змінному струмі. У електричному ланцюзі також спостерігається вентиляльний ефект, тобто стебло є поганим діодом.

Для приготування вітамінного борошна і гранул з нього широко використовуються високотемпературні агрегати типу АВМ, в яких свіжоскошена і подрібнена трава подається у барабан, що обертається, і обдувається паливними газами. Сушка трави з первинної вологості 75...80 % до вологості 14...16 % здійснюється впродовж декількох хвилин, що забезпечує збереження поживних речовин і вітамінів в готовому продукті. Головним недоліком цього способу сушки є висока енергоємність. Встановлена потужність електроустаткування - 250 кВт і витрата дизельного палива до 850 кг на тонну готового продукту. Знизити витрати дозволяє фракціювання зеленої маси перед сушкою за допомогою установки електроосмотичного зневоднення.

В установці електроосмотичного зневоднення частина вологи і соку трави відділяються і зелена маса, що залишилася, з вологістю 55...60 % завантажується в сушарний барабан, де висихає, і поступає в дробарку.

Трав'яне борошно поступає в гранулятор. Виділений в установці електроосмотичного зневоднення потім подається в гранулятор. Зниження вологості зеленої маси з 80 до 60 % відповідає видаленню 500 кг вологи з тонни початкової сировини, що призводить до зниження витрати дизельного палива на 40...50 %.

Установка електроосмотичного зневоднення (рис.12) легко вбудовується в технологічну лінію АВМ - 1,5 і складається з циліндра 1 з внутрішнім діаметром 400 мм, поршня 2, кривошипно-шатунного механізму 3, редуктора 4, шківа 5 і асинхронного електродвигуна 6. Зелена маса завантажується у бункер 7 і пакувальником 8 подається в циліндр в момент, коли поршень знаходиться в лівому положенні. Під час робочого ходу поршень ущільнює зелену масу в камері 9 і переміщає її в робочий орган установки 10. Робочий орган установки є системою трубчастих електродів завдовжки 2,5 метри.

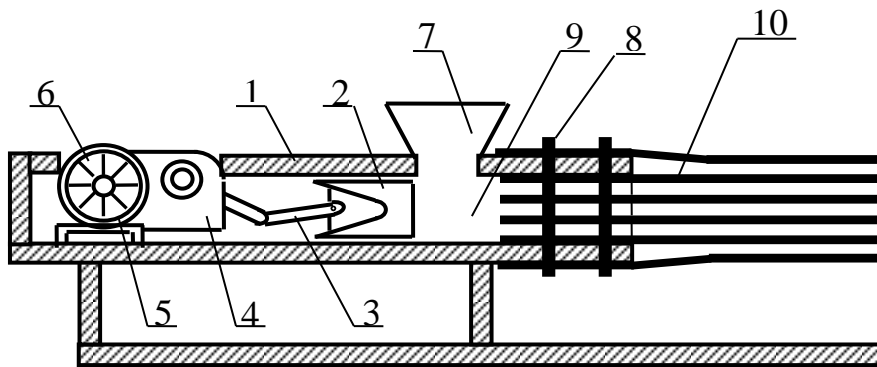


Рис. 12 - Загальний вигляд установки зневоднення трави

Система електродів живиться від трифазного трансформатора, вторинна обмотка якого розв'язана з метою створення обертового електричного поля (рис. 13).

Обертове електричне поле (напрямок струму через зелену масу обертається навколо центру кола, по якому розташовані електроди) створюється за рахунок зсуву на 120° в просторі пар електродів і зсуву на 120° напрямів струму. Використання кругового електричного поля зумовлене анізотропією окремих відрізків стебел трави, тобто різною провідністю вздовж і поперек стебла. У полі, що обертається, усі частки зеленої маси знаходяться в однакових умовах, що забезпечує повноту обробки. Виділений в процесі обробки сік віддаляється за допомогою вакуумної системи через отвори в трубчастих електродах. Потужність установки - 60 кВт, продуктивність - 5000 кг в годину по зеленій масі. Напруженість на електродах - 600 В. Витрати дизельного палива на виробництво однієї тонни сухої трави знижується на 40...50 %.

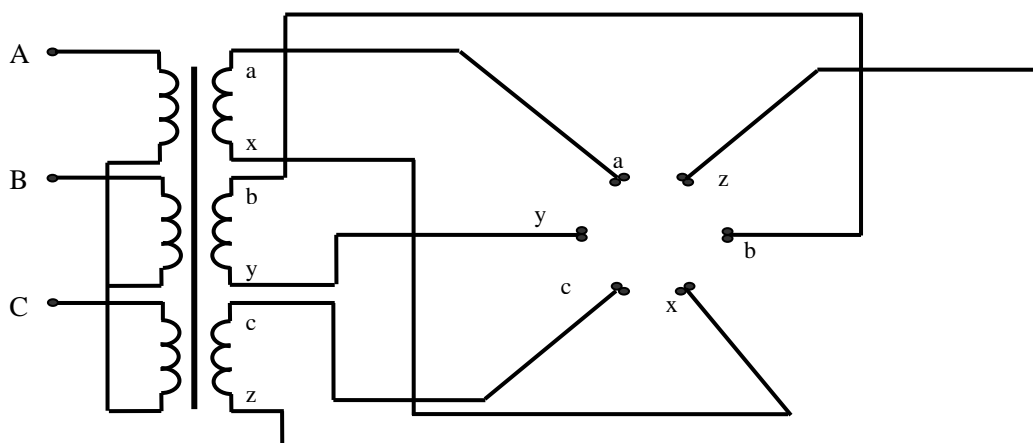


Рис. 13 - Електрична схема робочого органу

Тема №5: Установки обробки соломи електричним струмом

Існує два види електричної обробки соломи : обробка соломи в лужних середовищах в суміші з вологими кормами - силосом, коренеплодами і так далі. Основною метою обробки соломи є підвищення кормової цінності. Обробка соломи електричним струмом в лужних середовищах називається електрохімічною обробкою. У подрібнену соломку вводять активні гідроксиди хімічно активних реагентів (наприклад NaOH), вступаючи в хімічну реакцію з целюлозно - лігніновим комплексом. В результаті порушуються хімічні зв'язки лігніну з клітковиною, утворюються солі лігніну, а клітковина стає доступною переварюванню мікроорганізмами рубця жуйних тварин. Швидкості хімічних реакцій підвищуються при підвищенні температури. Об'ємне введення електричної енергії чинить теплову, біологічну, фізико-хімічну і хімічну дію на протікання хімічних реакцій. Хімічна реакція делігніфікації рослинної тканини значною мірою прискорюється під дією електричного струму. Вплив електричного струму на швидкість хімічних реакцій визначають як технологічну дію струму. При протіканні струму через масу зволоженої і спресованої соломи відбувається її нагрів, що призводить до підвищених витрат енергії. Отже, обробка повинна вестися в режимі, при якому технологічна складова струму була б найбільшою, а активна складова, що визначає нагрів, по можливості найменшою. Такий режим визначається мірою зволоження, щільністю струму, величиною електричної напруженості, формою кривої струму і напруги, часом обробки і так далі

Розрахунок параметрів режиму робиться на базі схеми заміщення елементу електричної схеми, що складається з двох електродів і міжелектродного простору, заповненого солом'яною тканиною з певною мірою зволоження хімічним реагентом (рис. 14, а).

Струм, що підводиться до оброблюваної маси за допомогою електроду, протікає по її складових, розподіляючись відповідно до електричних

властивостей компонентів. Частина струму протікає між частками по суцільних рідинних об'ємах і поверхневих плівках - струм наскрізної провідності.

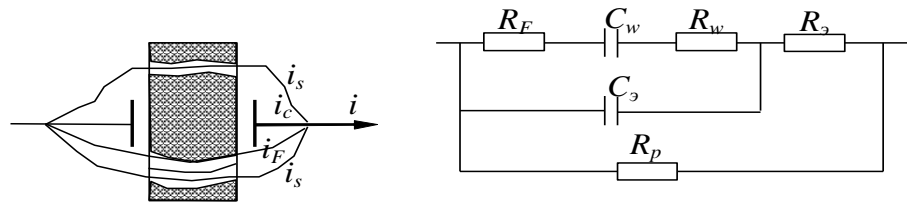


Рис. 14 - Складові струму (а) і електрична схема заміщення (б)

Повна електрична модель системи представлена на рис. 14, б. Електрична модель системи дозволяє оцінити теплову і технологічну дію струму. Якщо до схеми прикладена синусоїдальна напруга $u = U_m \sin \omega t$, то вхідний опір схеми :

$$\frac{1}{Z_{ex}} = \left[\left(R_F + R_W + \frac{1}{j\omega C_W} \right)^{-1} + j\omega C_s \right]^{-1} + \frac{1}{R_p}.$$

Загальний струм

$$i_o = U_m \sin \omega t \left\{ \left[\left(R_F + R_W + \frac{1}{j\omega C_N} \right)^{-1} + j\omega C_g \right]^{-1} + R_g \right\}^{-1} - \frac{1}{R_p},$$

Технологічна складова струму визначається потоком іонів :

$$i_F = \frac{U_m \sin \omega t (1 - R_g)}{\left\{ \left[\left(R_F + R_W + \frac{1}{j\omega C_W} \right)^{-1} + j\omega C_0 \right]^{-1} + R_0 \right\} \left(R_F + R_W + \frac{1}{j\omega C_W} \right)}.$$

Технологічна дія електричного струму збільшується з підвищенням R_F , тобто при ущільненні оброблюваної маси і при зниженні її вологості до певного значення.

Одним з варіантів апаратного оформлення процесу електрохімічної обробки соломи є установка з поворотним поршнем. Установка (рис. 15) містить ущільнюючий орган 1, завантажувальний бункер 2, встановлений на корпусі 3.

Кожна секція корпусу є електродною камерою 4 і ізольована від сусідніх камер перегородками 5, на яких укріплені електроди. Ущільнюючий орган виконаний у вигляді сектора, укріпленого на валу 7, розташованим між

електродними камерами 4. Бічна стінка камери 4 встановлена на шарнірі 9 і підкріплена пружиною 10, надітою на регулювальний гвинт 11. У нижній частині камери 4 знаходиться вивантажувальний отвір 12. Заздалегідь подрібнена і просочена розчином солома подається в завантажувальний бункер 2, захоплюється і переміщається ущільнюючим органом в електродну камеру. При транспортуванні маса ущільнюється. Потрапляючи в робочу камеру, маса піддається дії електричного струму, і в ній протікають електролітичні процеси.

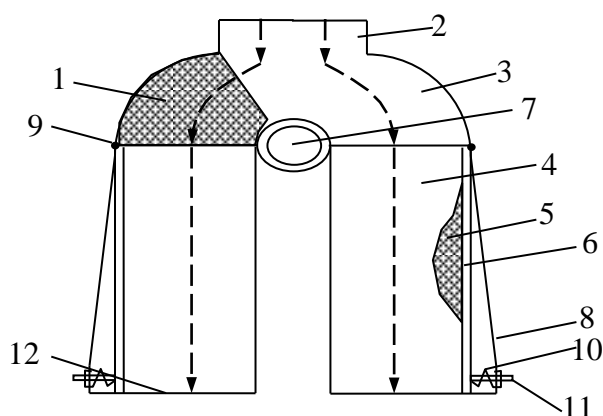


Рис. 15 - Установка електрохімічної обробки соломи : 1 - ущільнюючий орган;
2 - завантажувальний бункер; 3 - корпус; 4 - електродна камера;
5 – ізоляційні перегородки; 6 - електроди; 7 - вал; 8 - бічна сторона камери;
9 – шарнір; 10 - пружина; 11 - регулювальний гвинт; 12 - вивантажувальний
отвір

Живлення електродів здійснюється від перетворювача трифазної системи напруги в однофазну з одночасним зниженням частоти (рис. 16).

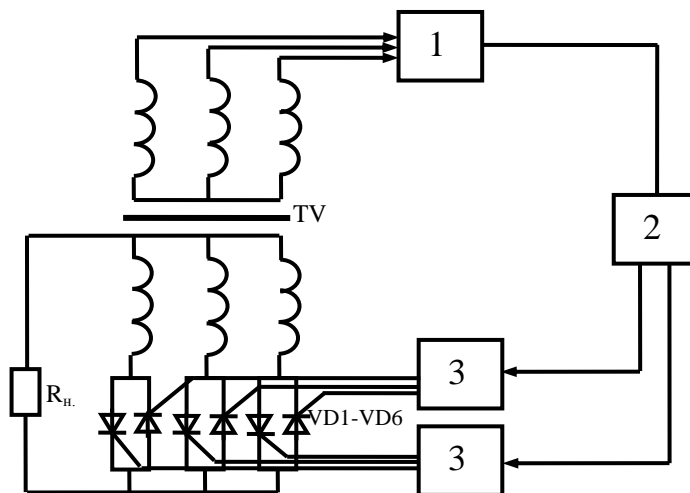


Рис. 16 - Структурна схема перетворювача трифазної напруги в однофазну з одночасним зниженням частоти : 1 - блок узгодження керованих імпульсів; 2 – блок ділення частоти; 3 - блок керування тиристорами

Перетворювач складається з силового трансформатора TV, блоку тиристорів VD1.VD6, блоку узгодження керованих імпульсів і ділення частоти 2, блоку керування тиристорами 3. Електродна камера на схемі представлена опором R_H . Напруженість електричного поля 11..102 В/м, частота 35 Гц, час обробки 5...8 хв. Установка монтується в комплект кормоцеха КОРК- 15. Змочування соломи хімреагентом робиться в змішувачі. Принцип обробки полягає в припущенні, що поживні речовини в сухому вигляді знаходяться усередині клітини, міцна целюлозно-лігнінова оболонка якої перешкоджає засвоєнню поживних речовин в травному тракті тварин. Руйнування оболонки підвищує засвоюваність соломи, тобто підвищує її кормову цінність.

Умовами, при яких оболонка клітини може бути зруйнована (процес деструкції), є подрібнення, внутрішньоклітинного змочування, ущільнення і дія електричного струму при певній напруженості електричного поля і часу дії. При протіканні струму через зволожену рослинну тканину, що має складну структуру з чергуванням комплексних електролітів і діелектриків, механізм руйнування оболонки також представляється комплексним.

У комплекс руйнівних дій входять:

- тепловий пробій ізоляції (оболонка клітини між двома рідинними електродами);
- електрогідрравлічний ефект, що виникає при пробіі ізоляції;
- підвищення тиску газів, утворених в результаті електролізу;
- електростатичні і електродинамічні зусилля, що виникають між елементами системи з різними діелектричними властивостями.

Кількісно оцінити величину тієї або іншої дії не представляється можливим, оскільки ця величина змінюється залежно від форми кривої струму, частоти, складу електроліту, температури, вологості, щільності і так далі. Фізичні процеси теплового пробію ізоляції і умови їх протікання вивчені досить глибоко. Мікроелектрогідрравлічний удар при дуже коротких розрядах в рідинах веде до імпульсного підвищення тиску усередині клітинної оболонки і її розбиття. Частина клітин в електричному ланцюжку в оброблюваній масі, може бути пошкоджена.. При щільності струму $10^{-3} \dots 10^{-2}$ А/см і тривалості дії 30 с величина заряду, що передається через коло , $0,2 \cdot 10^{-9}$ А год.

Тема №6: Установки для електромеліорації ґрунтів

Відновлення родючості засолених ґрунтів, тобто ґрунтів з підвищеним вмістом токсичних для рослин солей, робиться різними способами: меліоративна оранка, біологічна, хімічна і електрична меліорація. Найчастіше роблять промивання ґрунту прісною водою, хоча цей процес тривалий (від 1 до 3 років) і пов'язаний з великою витратою води (до 30 тис. м³ води на гектар). Скоротити термін меліорації в 3...6 разів і понизити витрату води в три рази дозволяє електромеліорація ґрунтів. Залежно від міри засоленості і властивостей ґрунтів, що фільтрують, для електромеліорації використовуються установки з горизонтальним і вертикальним розташуванням електродів (рис. 17). При меліорації солонцевих і солончато - солонцевих ґрунтів з низькими фільтраційними властивостями використовують систему горизонтальних робочих електродів. Ґрунт при цьому зволожують і монтують горизонтальну дренажну систему. Аноди встановлюються на меншу глибину, ніж катоди. У

кожному конкретному випадку глибина закладки катодів визначається агротехнічними вимогами. Позитивно заряджені іони переміщаються на глибину залягання катодів і відводяться через дренажну систему.

Опір розтіканню струму з анода:

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bh},$$

де ρ - питомий електричний опір ґрунту, Ом м;

l - довжина анода, м;

d_0 - діаметр анода, м;

$b = 2d_0$;

h - глибина заставляння анода, м.

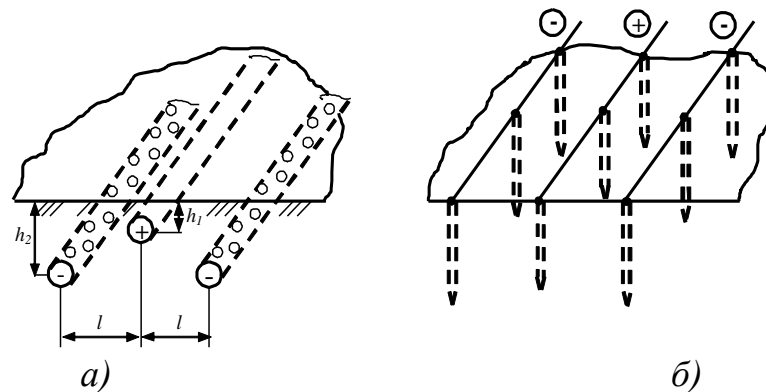


Рис. 17 - Установки електромеліорації ґрунтів з горизонтальним (а) і вертикальним (б) розташуванням електродів

По цій же формулі визначається опір R_K розтікання струму з катода, але при інших значеннях h і l .

Опір системи електродів :

$$R_C = R_a + R_K .$$

Сила струму, споживана системою електродів :

$$I = \frac{U}{R_C} .$$

Зміна потенціалу і щільності струму уздовж лінії « анод-катод» показано на рис. 18, а, б.

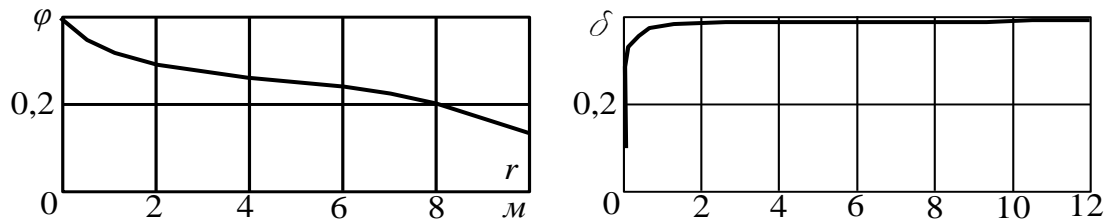


Рис. 18 - Зміна потенціалу (а) і щільність струму (б) уздовж лінії
«анод-катод»

Потенціал будь-якої точки в міжелектродному просторі з урахуванням питомого електричного опору ґрунту визначається по формулі:

$$\varphi(r, \theta) = \frac{I_0 \rho}{2\pi} \left(A_1 \ln r + \frac{A_2}{2} \ln R_1 R_2 R_3 R_4 \right),$$

де I_0 - сила струму на одиницю довжини електроду, А/м;

ρ - питомий опір ґрунту, Ом·м;

r - відстань від центру анода до точки «М»;

R - відстань між центрами анода і катода, м;

Ψ - кут між лінією, що сполучає центри електродів і горизонталлю;

θ - кут між лінією, що сполучає центр анода і точку «М», і горизонталлю;

A_1 і A_2 - постійні інтегрування.

$$R_1 = R^2 + r^2 + 2rR \cos(\theta + \Psi); R_2 = R^2 + r^2 - 2rR \cos(\theta - \Psi);$$

$$R_3 = R^2 + r^2 + 2rR \cos(\theta - \Psi); R_4 = R^2 + r^2 - 2rR \cos(\theta + \Psi).$$

Найчастіше для розселення ґрунтів застосовуються схеми з вертикальними електродами. Основна вимога полягає в рівномірному винесенні токсичних солей при оптимальній потужності джерела живлення. Анодні електроди мають довжину близько 1 метра, катодні - до 5 м. Анодні, як і катодні електроди розташовуються в лінії, що чергуються. Відстань між лініями електродів 40...80 м. Відстань між електродами в лініях визначається коефіцієнтом використання. Фізична суть коефіцієнта використання полягає в наступному. Один вертикальний електрод має опір RC , залежно від конкретних умов. При установці паралельно другого електроду опір повинен зменшуватися в два рази, але за умови, що відстань між ними буде нескінченно великою.

Система анодних і катодних електродів, будучи власне технологічною установкою, призначена для рівномірного винесення токсичних солей з ґрунту. Отже, потенціали електродів повинні мати певні значення, але оскільки підведення енергії робиться проводами, то при великих струмах на ділянках між електродами спостерігаються значні втрати напруги. Розрахунок мережі постійного струму базується на умові рівності потенціалів на кінцях усіх однополярних розподільних ліній. Переріз проводів може змінюватися залежно від величини струмів і міжелектродних відстаней. Для електрично однорідного ґрунту і при рівності напруги між різнополярними розподільними лініями через усі однополярні електроди повинні протікати струми однакової величини.

Рекомендована література

Основна:

1. Электротехнология : учеб. пособ. / А. М. Басов, В. Г. Быков, А. В. Лаптев, В. Б. Файн. – М. : Агропромиздат, 1985. - 97 с.
2. Живписцев Е. Н. Электротехнология и электрическое освещение : учеб. для студ. высш. учеб. заведений. / Е. Н. Живписцев, О. А. Косицын. – М. : Агропромиздат , 1990. – 303 с.
3. Кудрявцев И. Ф. Электрический нагрев и электротехнология : учеб. для студ. высш. учеб. заведений. / И. Ф. Кудрявцев, В. А. Карасенко. – К. : Колос, 1975. – 384 с.

Додаткова:

1. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок / И. Ф. Кудрявцев, Л. А. Калинин, В. А. Карасенко [и др.] ; под ред. И. Ф. Кудрявцев. – М. : Агропромиздат, 1988. – 480 с.
2. Гончар В. Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок : навч. посіб. / В. Ф. Гончар, Л. П. Тищенко. – К. : Вища школа, 1989. – 343 с.
3. Захаров А. А. Применение теплоты в сельском хозяйстве / А. А. Захаров. – М. : Агропромиздат, 1986. – 288 с.
4. Гайдук В. М. Електронагрівні сільськогосподарські установки / В. М. Гайдук. – К. : Урожай, 1986. – 144 с.
5. Карлащук В. И. Электронная лаборатория IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение / В. И. Карлащук . – М. : СОЛОН-Р, 2001. – 736 с.
6. Бриндли К. Карманный справочник инженера электронной техники / К. Бриндли , Д. Карр . – М. : Додэка XXI, 2002. – 480 с.

Навчальне видання

ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Методичні рекомендації

Укладач: **Захаров** Дмитро Олександрович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. ____.

Тираж ____ прим. Зам. № ____

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул.. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.