

УДК 631.371:621.3
№ держреєстрації: 0111U002556

Міністерство освіти і науки України
Таврійський державний агротехнологічний університет

72310, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр-т Б. Хмельницького 18,
тел. (0619) 42-06-94

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор НДІ МЗПУ
д.т.н. _____ В.Т. Надикто
«___» _____ 20__р.

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
(Заключний)

Програма 1.14 «Розробка електромеханічних систем технологічних процесів сільськогосподарського виробництва»

Завідувач відділу
електрифікації та автоматизації
сільськогосподарського
виробництва:

д.т.н. І. П. Назаренко

Завідувач науково-
дослідної лабораторії
електромеханічних систем
технологічних процесів
сільськогосподарського
виробництва:

д.т.н. Ю.М. Куценко

2015

Результати роботи розглянуто НТР
протокол № _____ від «___» _____ 20__ р.

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник програми, завідувач лабораторії, докт. техн. наук, професор Куценко Ю.М.	_____	Розділ 14.2
канд. техн. наук, доцент. Постнікова М.В.	_____	Розділ 14.1
ст. викладач Ковальов О.В.	_____	Розділ 14.1
канд. техн. наук, доцент Кушлик Р.В.	_____	Розділ 14.2

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
РОЗДІЛ 14.1 РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	
Етап 14.1.4 Виробничі дослідження по використанню енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем потокових ліній.....	5
РОЗДІЛ 14.1 РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	
Етап 14.1.3 Розробка електромеханічної системи обробітку ґрунту на основі мобільних електрифікованих машин.	177
РОЗДІЛ 14.2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА ЕЛЕКТРОННО-МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ І ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АГРОТЕХНІЧНИХ ПАРКІВ	
Етап 14.2.4 Електромагнітні технології в спорудах захищеного ґрунту	377
РОЗДІЛ 14.2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА ЕЛЕКТРОННО-МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ І ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АГРОТЕХНІЧНИХ ПАРКІВ	
Етап 14.2.4 Проведення експериментальних досліджень з метою виявлення інформативних параметрів в процесі діагностичних можливостей розпізнавання стану працюючих масел і агрегатів машин.....	487
РОЗДІЛ 14.2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА ЕЛЕКТРОННО-МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ І ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АГРОТЕХНІЧНИХ ПАРКІВ	
Етап 14.2.4 Виготовлення та дослідження джерела НВЧ випромінювання	576

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР: 65 с., 26 рис., 27 посилань.

В розділі 14.1 розглянуті основні шляхи рішення проблеми енергозбереження в електроприводі, проаналізовані останні дослідження по цьому питанню і шляхи економії електроенергії на підприємствах зберігання і переробки сільськогосподарської продукції.

Обґрунтована та запропонована раціональна конструктивна схема експериментального зразку електрифікованого мотоблоку, розрахована його необхідна зчіпна вага, а також обґрунтовано тип та розрахована потужність приводного електродвигуна, проведено розрахунки економічної ефективності.

Проведено аналіз конструкцій і електроприводів малогабаритної сільськогосподарської техніки: кормоприготувальних машин і ґрунтообробних мотоблоків. Розглянуто технологічні і приводні характеристики існуючих зразків, виявлено особливості режимів роботи електроприводу. Приведено аналіз побудови систем регулюемого електроприводу на базі двигунів постійного струму і асинхронних однофазних конденсаторних двигунів.

В розділі 14.2 для проведення експериментальних досліджень на кафедрі АЕП ТДАТУ розроблена лабораторна ультразвукова експериментальна установка, яка дозволяє проводити вимірювання швидкості і коефіцієнту поглинання ультразвуку в діапазоні 500-5000 Гц, при температурі зразків 20-60 °С в моторних маслах сільськогосподарської техніки.

Для проведення експериментальних досліджень процесів перетворення електричної і магнітної енергії в енергію розвитку рослин в гетерогенних структурах споруд захищеного ґрунту проведена експериментальна перевірка теоретичних положень, яка проводилася в реальних виробничих умовах, а обробка одержаних даних відбувалась із використанням методів математичної статистики, застосовуючи сучасні пакети комп'ютерних програм.

Для вирішення поставленої проблеми були застосовані методи математичного моделювання фізичних процесів; основні положення теорії електромагнітного поля; теорії ймовірності.

Для виконання програми досліджень процесу впливу електромагнітного випромінювання на життєдіяльність личинок комах-шкідників кореневої системи рослин розроблені методики математичного обґрунтування взаємодії ЕМХ НВЧ діапазону з тканинами шкідників в ґрунті з використанням:

- методу математичного моделювання;
- методу розділення змінних при розв'язанні хвильового рівняння;
- теоретичних положень електродинаміки, теорії хвилі.

В результаті проведених теоретичних досліджень:

- встановлена оптимальна частота джерела випромінювання;
- визначено значення коефіцієнту поглинання ЕМХ ґрунтом.

РОЗДІЛ 14.1
РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Етап 14.1.4 Виробничі дослідження по використанню енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем поточкових ліній

ВИКОНАВЕЦЬ

Канд. техн. наук, доцент

Постнікова Марина Вікторівна

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 1.14.1.4: 12 с., 4 рисунки, 5 посилань.

Об'єкт дослідження: потокові лінії зерноочисних агрегатів ЗАВ-20, ЗАР-5, ЗАВ-40, ЗАВ-25.

Мета роботи: зменшення витрат електроенергії на обробку зерна на 8-10%.

Методи досліджень: метод сумарних потужностей, метод статистичної обробки дослідних даних, метод планування математичного експерименту з пошуком оптимальних значень функції цілі на основі адекватних математичних моделей у вигляді рівнянь регресії другого порядку.

В результаті проведених досліджень:

- встановлено, що розбіжність між теоретичними і експериментальними даними не перевищує 10% при сильному кореляційному зв'язку ($r = 0,9 - 0,98$) режимів роботи силового електрообладнання та фізико-механічних властивостей зерна з питомими витратами електричної енергії;

- отримані залежності у вигляді рівнянь регресії питомих витрат енергії у функції продуктивності поточкових ліній, вологості зерна та його засміченості, які дозволяють оптимізувати режим обробки зерна.

Ключові слова: раціональне використання електроенергії, питомі витрати електроенергії, нормування електроспоживання.

ВСТУП

Технологічний процес очищення зерна на потокових лініях зерноочисних агрегатів містить у собі ряд технологічних операцій, що виконуються в певній послідовності. При цьому технологічний процес очищення зерна на потокових лініях агрегатів являє собою об'єкт, що характеризується наявністю певної кількості змінних (параметрів стану). На підставі значень даного набору змінних можна ідентифікувати стан агрегату, що необхідно при визначенні і реалізації енергозберігаючих режимів його роботи. Однак, внаслідок зміни деяких з факторів, що описують стан системи, даного набору може бути недостатньо. З іншого боку, збільшення кількості контрольованих параметрів хоч і приводить до підвищення точності роботи, однак значно ускладнює систему керування.

Завданням експериментальних досліджень є перевірка справедливості теоретичних досліджень і положень, конкретизація математичного опису взаємозв'язку питомих витрат електроенергії приводного електросилового устаткування потокових ліній агрегатів з параметрами стану потокової лінії, визначення найбільш інформативних з них, значення яких є достатніми для реалізації енергозберігаючих принципів керування потоковими лініями агрегатів.

Для рішення даних завдань була складена програма експериментальних досліджень, що містила в собі наступні етапи дослідження впливу:

1 вихідних фізико-механічних, технологічних і енергетичних факторів на питому витрату електроенергії потокових ліній;

2 режимів роботи потокових ліній на питому витрату електроенергії.

Метою описаних вище досліджень було:

1 Визначення кількісного значення питомої витрати електроенергії потокових ліній на очищення зерна.

2 Встановлення залежностей між питомою витратою електроенергії процесу очищення зерна, продуктивністю і режимами роботи машин потокових ліній.

3 Порівняльний аналіз теоретичних і експериментальних даних.

При постановці дослідів використовувалися статистичні методи обробки результатів досліджень. Дані, отримані при проведенні досліджень, дозволяють технічну реалізацію енергозбереження при процесах очищення зерна на потокових лініях.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для досягнення поставленої цілі в процесі виробничих досліджень використовуються наступні методи:

- метод сумарних потужностей;
- метод статистичної обробки дослідних даних;
- метод планування математичного експерименту з пошуком оптимальних значень функції цілі на основі адекватних математичних моделей у вигляді рівнянь регресії другого порядку.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Характеристика об'єктів дослідження

Технологічний процес очищення зерна на потокових лініях агрегатів очищення зерна може бути представлений наступним набором основних технологічних операцій: завантаження потокової лінії, очищення зерна на потоковій лінії, транспортування. При цьому найбільш важливим у плані реалізації енергозберігаючих режимів роботи при очищенні зерна є перші дві операції, що визначило проведення експериментальних досліджень.

Експериментальні дослідження були проведені на агрегаті ЗАВ-20 як найбільш типовому агрегаті на півдні України. Для проведення експериментальних досліджень, були обрані господарства, виробничий напрямок яких відповідає основному напрямку зони, з найбільш високим рівнем організації сільськогосподарського виробництва, його характеристики і технічної експлуатації електроустаткування, а також надійним і безперебійним електропостачанням.

Експериментальні дослідження проводилися в напружений період роботи зернопунктів у червні-липні-серпні місяці протягом 2015 року у різних виробничих умовах при існуючому завантаженні машин і тривалості їхньої роботи.

3.2 Методика проведення експериментальних досліджень

Для дослідження питомої витрати електроенергії при очищенні зерна у виробничих умовах був розроблений переносний стенд, у який входив ящик обліку з лічильниками активної і реактивної енергії, а також вимірювальний переносний комплект К-505 (клас точності 0,2) (табл. 1). Такий стенд при експериментальних дослідженнях не порушував виробничого технологічного процесу потокових ліній очищення зерна і забезпечував дотримання правил техніки безпеки.

У комплект стенда входив автоматичний вимикач для аварійного відключення потокової лінії агрегату.

Таблиця 1 – Список приборів для вимірювання

Найменування приладів	Тип	Клас точності	Межа вимірювання
Амперметр змінного струму	Комплект К-505	0,5	2,5 – 5 А
Вольтметр змінного струму	Комплект К-505	0,5	75 – 600 В
Ватметр змінного струму	Комплект К-505	0,5	2,5 – 5 А 75 – 600 В
Трансформатор струму	И54	0,2	0,5 – 50 А
Трансформатор струму	УТТ-5М	0,2	15-600 А
Лічильник трифазний активний	СА4У	2,0	5 А, 380 В
Лічильник трифазний реактивний	СР4У	2,0	5 А, 380 В

3.3 Експериментальні дослідження технологічних процесів очищення зерна на потокових лініях агрегату ЗАВ-20

На робочі органи і процеси машин зерноочисних агрегатів впливають одночасно декілька факторів. Коливання одного фактору служать безносередньою причиною зміни впливу інших факторів на досліджувані параметри. Для даного випадку був проведений багатофакторний експеримент. Застосування для цих цілей «класичного способу» - зміна факторів по одному при стабілізації решти вимагає проведення великої кількості дослідів. Такий спосіб дослідження дуже тривалий і малоефективний. В ряді випадків він не тільки ускладнює визначення оптимальних умов, але і не дозволяє вирішити поставлену задачу. Для зменшення кількості дослідів та їх більшої достовірності був використаний метод планування експерименту.

Була складена програма експериментальних досліджень, яка включала в себе наступні етапи дослідження впливу:

1 вхідних фізико-механічних, технологічних та енергетичних факторів на питому витрату електроенергії потокових ліній,

2 режимів роботи потокових ліній на питому витрату електроенергії.

Залежність питомої витрати електроенергії від продуктивності нелінійна, тому для отримання рівняння регресії використані плани другого порядку. Вибір факторів, інтервалів варіювання, рівнів проведених на основі аналізу апріорної інформації. Межі зміни досліджуваних факторів прийняті з урахуванням технічних характеристик машин та технологічних обмежень, обумовлених отриманням зерна високої якості. В якості змінних факторів вибрані: x_1 – продуктивність агрегату, т/год.; x_2 – вологість зерна, %; x_3 – застисненість зерна, %. В якості функції відгуку вибрана питома витрата електроенергії. Для математичного опису питомої витрати електроенергії застосований ортогональний центральний композиційний план другого порядку (ОЦКП) Бокса і Уілсона.

Отримані дані оброблялися методами математичної статистики з використанням комп'ютерних програм.

В результаті досліджень був отриманий ряд математичних моделей, що описують залежність функції відгуку від вхідних параметрів.

Рівняння регресії для дослідження питомої витрати електроенергії в залежності від продуктивності, вологості та засміченості зерна для потокових ліній зерноочисного агрегату ЗАВ-20:

- одна потокова лінія з трієром

$$\tilde{y} = 3,7047 - 0,6702x_1 + 0,1899x_2 + 0,0977x_3 + 0,0813x_2x_3 + 0,2246x_1^2 \quad (1)$$

- одна потокова лінія без трієра

$$\tilde{y} = 2,748 - 0,5451x_1 + 0,0411x_2 + 0,0703x_3 + 0,1216x_1^2 + 0,0271x_2^2 + 0,0203x_3^2 \quad (2)$$

- дві потокові лінії з трієрами

$$\tilde{y} = 1,9984 - 0,3817x_1 + 0,095x_2 + 0,0292x_3 + 0,0025x_1x_3 + 0,1214x_1^2 + 0,0336x_2^2 + 0,0134x_3^2 \quad (3)$$

- дві потокові лінії без трієрів

$$\tilde{y} = 1,7437 - 0,4629x_1 + 0,053x_2 + 0,0183x_3 + 0,0275x_1x_2 + 0,2042x_1^2 + 0,0455x_2^2 + 0,0118x_3^2 \quad (4)$$

За допомогою отриманих в результаті досліджень рівнянь регресії (1-4) були визначені питомі витрати електричної енергії на очищення зерна за різними технологічними схемами при зміні фізико-механічних властивостей зерна (рис. 1, 2).

3.4 Аналіз експериментальних даних

Аналіз рівнянь регресії (1-4) показує наявність мінімуму питомих витрат електричної енергії в залежності від продуктивності потокових ліній, вологості та засміченості зерна. Наприклад, досліджуючи рівняння 3, мінімум питомої витрати електроенергії 1,61 кВт·год./т був отриманий при продуктивності 14,5 т/год., вологості 11,4 % та засміченості 2,9 %.

Аналогічні дослідження проведені для інших потокових ліній і отримані наступні дані:

- одна потокова лінія з трієром – 2,98 кВт·год./т при продуктивності 6,5 т/год., вологості 11,7 %, засміченості 2,3 %;

- одна потокова лінія без трієра – 2,06 кВт·год./т при продуктивності 9,8 т/год., вологості 12,4 %, засміченості 2,6 %;

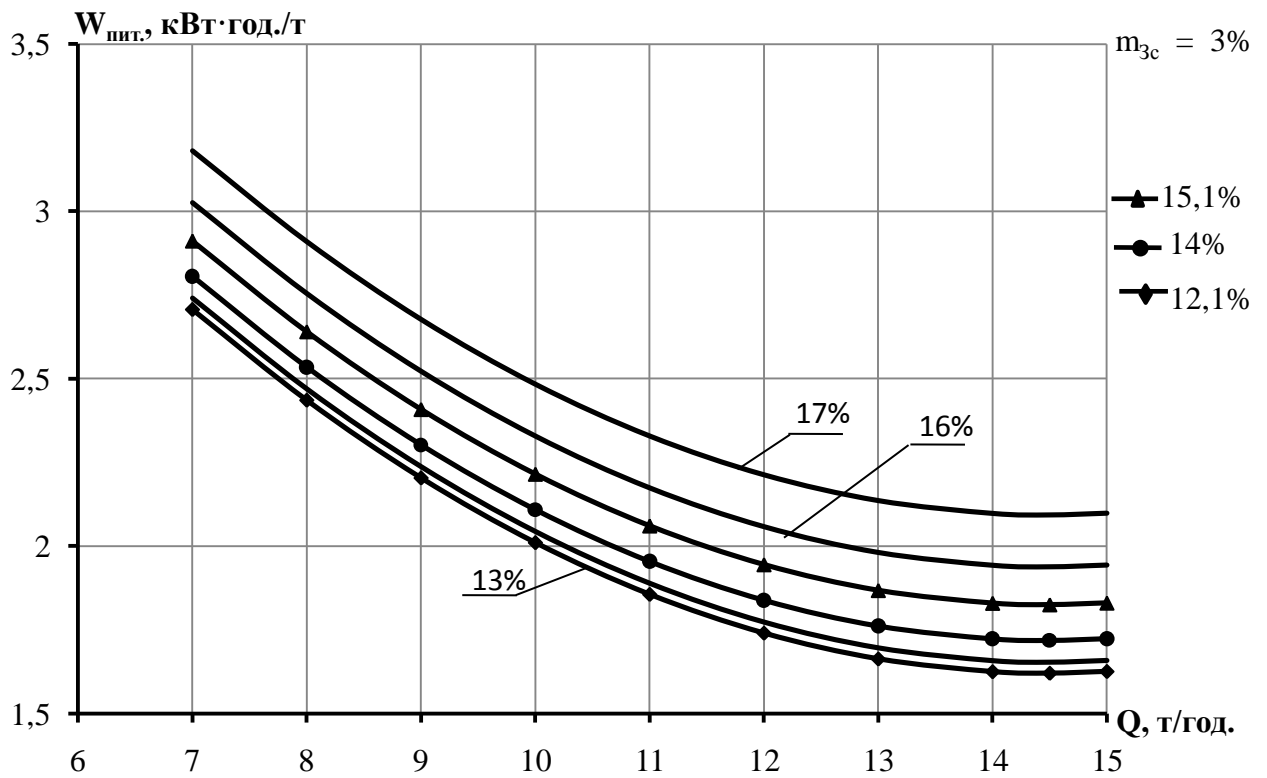


Рис. 1. Залежність $W_{\text{пит.}} = f(Q)$ для ЗАВ-20 (пшениця) – дві лінії з трієрами при $m_{3c} = 3\%$ та $V_{\text{л}} = \text{var}$

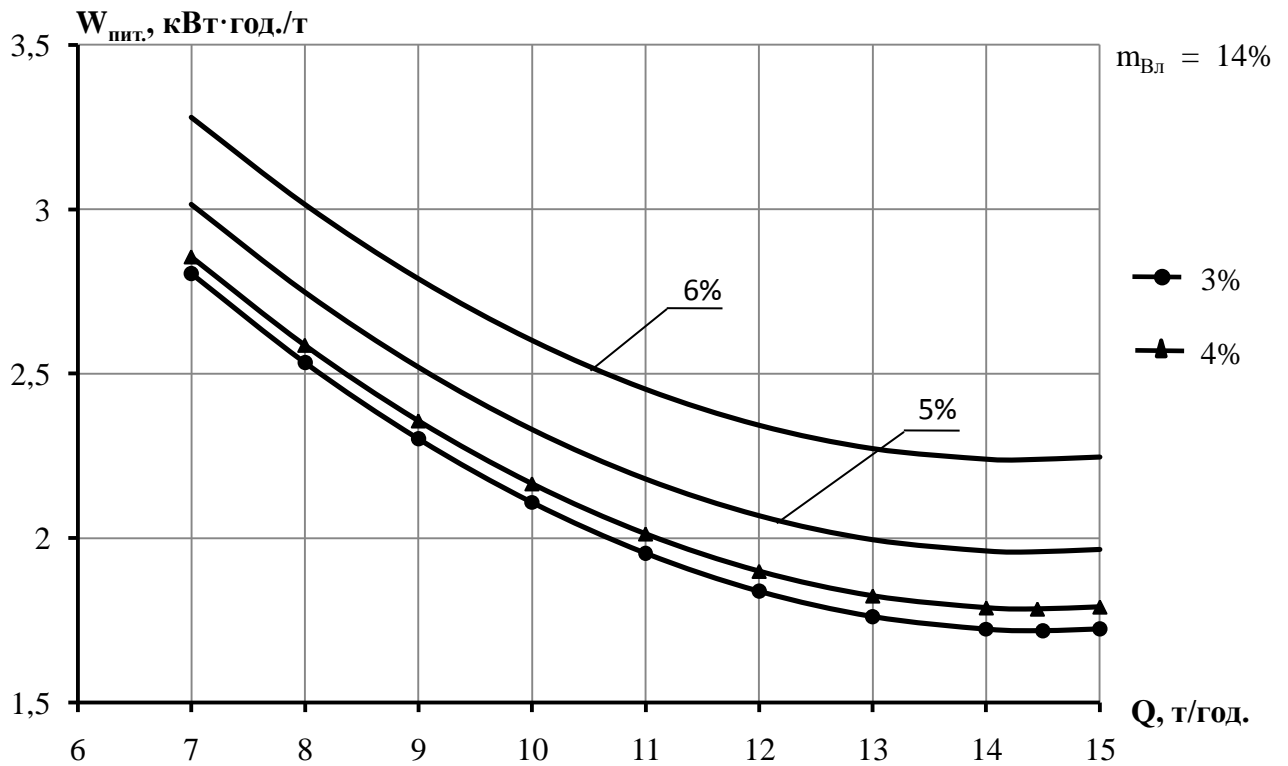


Рис. 2. Залежність $W_{\text{пит.}} = f(Q)$ для ЗАВ-20 (пшениця) – дві лінії з трієрами при $m_{\text{Вл}} = 14\%$ та $Z_c = \text{var}$

- дві лінії без трієрів – 1,43 кВт·год./т при продуктивності 15,7 т/год., вологості 12,1 %, засміченості 3,1 %.

Порівняння розрахункових та експериментальних даних показало розходження результатів не більше як на 10 %.

3.5 Розробка рекомендацій по використанню енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах

В умовах експлуатації в залежності від кількості надходження зерна на зернопункт та його призначення (продовольче або насіннєве) для прийняття обґрунтованих рішень по вибору технологічних схем очищення зерна для зерноочисного агрегату ЗАВ-20 запропоновані залежності питомої витрати електроенергії в функції продуктивності потокових ліній при оптимальних значеннях вологості та засміченості, побудовані за рівняннями 1-4 (рис. 3).

Для кожної потокової технологічної лінії очищення зерна агрегату ЗАВ-20 запропоновані номограми електроспоживання (рис. 4), що відрізняються наочністю та зручністю при виборі оптимального завантаження потокових ліній з отриманням мінімуму питомої витрати електроенергії (квадрант 1) при різних значеннях вологості та засміченості. За відомими значеннями вологості (квадрант 2) та засміченості зерна (квадрант 3) та мінімальній питомій витраті електроенергії визначається оптимальне завантаження потокової лінії.

При випробуваннях встановлено, що при оптимізації режимів роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах, зниження питомих витрат електроенергії складає близько 10 %.

ВИСНОВКИ

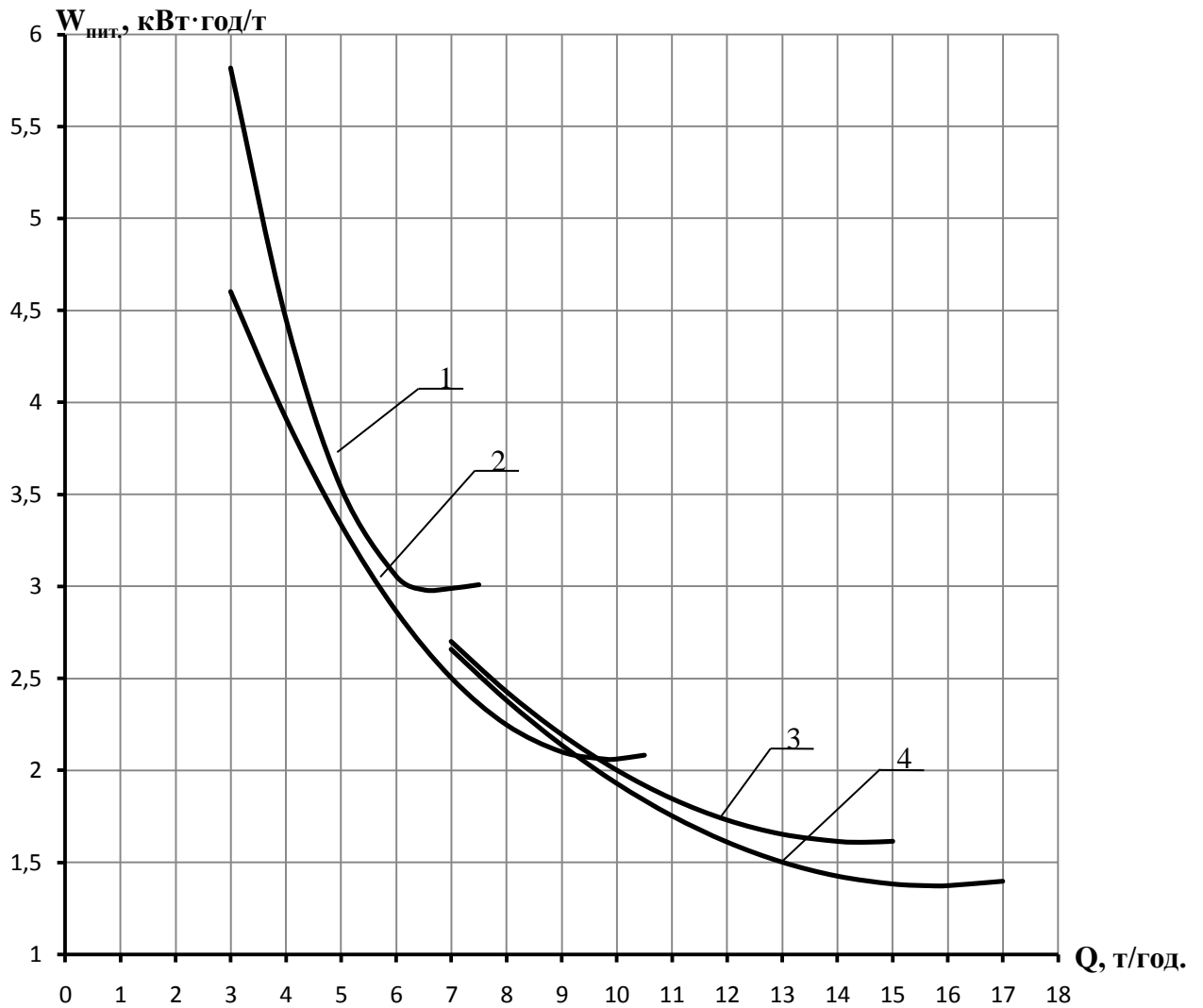
1 Експериментальними дослідженнями встановлено, що розбіжність між теоретичними і експериментальними даними не перевищує 10 % при сильному кореляційному зв'язку ($r = 0,9 - 0,98$) режимів роботи силового електрообладнання та фізико-механічних властивостей зерна з питомими витратами електричної енергії.

2 В результаті проведення експериментальних досліджень отримані залежності у вигляді рівнянь регресії питомих витрат енергії у функції продуктивності потокових ліній, вологості зерна та його засміченості, які дозволяють оптимізувати режим обробки зерна. Так, для двох потокових ліній з тріє-

рами мінімум питомої витрати електроенергії 1,61 кВт·год./т отриманий при продуктивності 14,5 т/год., вологості 11,4 % та засміченості 2,9 %;

- одна потокова лінія з трієром – 2,98 кВт·год./т при продуктивності 6,5 т/год., вологості 11,7 %, засміченості 2,3 %;

- одна потокова лінія без трієра – 2,06 кВт·год./т при продуктивності 9,8 т/год., вологості 12,4 %, засміченості 2,6 %;



1 – одна потокова лінія з трієром

2 – одна потокова лінія без трієра

3 – дві потокові лінії з трієром

4 – дві потокові лінії без трієра

Рис. 3. Залежності питомої витрати електроенергії в функції продуктивності потоків ліній при оптимальних значеннях вологості та засміченості

- дві лінії без трієрів - 1,43 кВт·год./т при продуктивності 15,7 т/год., вологості 12,1 %, засміченості 3,1 %.

3 Запропоновані в роботі номограми електроспоживання для різних технологічних схем зерночисного агрегату ЗАВ-20 в залежності від продуктивності потоків ліній, вологості та засміченості зерна обговорені та схва-

лені на технічній раді Запорізького обласного, Мелітопольського районного управліннь сільського господарства та Бериславським районним управлінням сільського господарства Херсонської області та рекомендовані до впровадження. При цьому за даними економічного відділу обласного управління встановлено, що впровадження енергозберігаючих режимів роботи електро-механічних систем обробки зерна на зернопунктах дозволить знизити витрати електроенергії на технологічні процеси післязбиральної обробки зерна в господарствах Запорізької та Херсонської областей на 8-10 %.

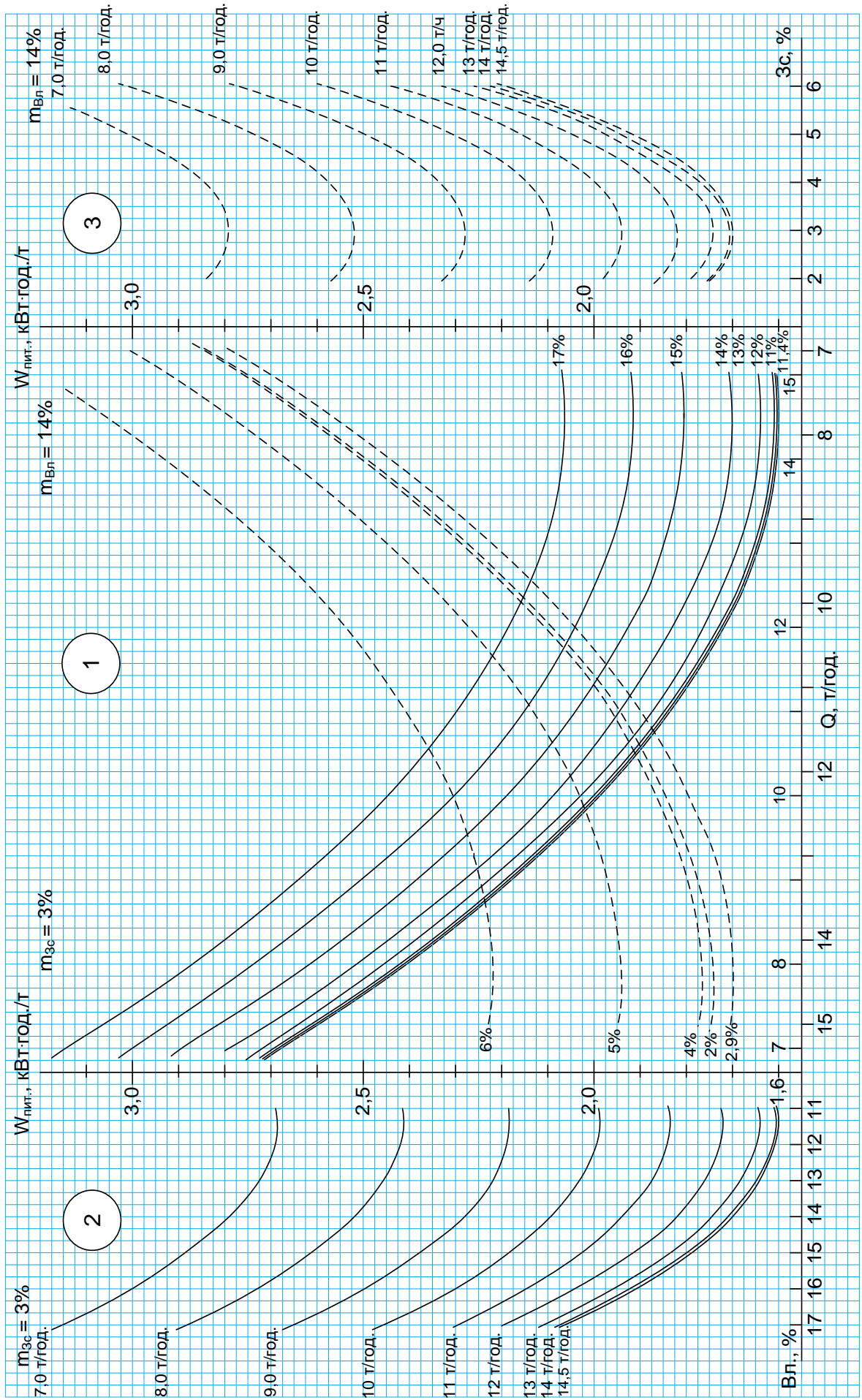


Рис. 4. Номограммы электроспоживания для ЗАВ-20 – две линии з трієрами

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. Конструкции, расчёт и проектирование / И.Е. Кожуховский. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.
- 2 Кожуховский И.Е. Механизация очистки и сушки зерна / И.Е. Кожуховский, Г.Т. Павловский. – М.: Колос, 1968. – 439 с.
- 3 Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчёт машин, технология и автоматизация процессов / Под ред. З.Л. Тица. – М.: Машиностроение, 1967. – 448 с.
- 4 Фоменков А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий / А.П. Фоменков.– М.: Колос, 1984. – 288 с.
- 5 Громак В.В. Анализ статических и динамических характеристик электропривода машин зерноочистительного агрегата / В.В. Громак, Н.А. Устищенко // Сборник работ по механизации и электрификации сельскохозяйственного производства / ВНИИМЭСХ.- М., 1969.- Вып. 11. - С. 186-197.

РОЗДІЛ 14.1
РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**Етап 14.1.3 Розробка електромеханічної системи обробітку ґрунту на ос-
нові мобільних електрифікованих машин**

ВИКОНАВЕЦЬ

Ст. викл.

Ковальов Олександр Вікторович

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 1.14.1.3: 20 с., 2 табл., 7 рисунків, 6 посилань.

Об'єкт дослідження: мобільний електрифікований мотоблок.

Мета роботи: Зменшення витрат електроенергії на обробіток ґрунту на 8-10%.

Методи досліджень:

- аналітичний метод дослідження;

В результаті проведених досліджень:

- обґрунтовано тип електродвигуна приводу мотоблоку та визначена його потужність;
- розроблено експериментальний зразок електромотоблоку;
- обґрунтовано функційну схему керування електроприводом мотоблоку;
- розроблено електричну принципову схему керування електродвигуном приводу мотоблоку;
- досліджено потенційно-комутаційні умови ДПС приводу мотоблоку;
- визначена економічна ефективність електромотоблоку.

Ключові слова: електрифікований мотоблок, електродвигун постійного струму, тягова характеристика, потенційно-комутаційні умови, економічна ефективність

ВСТУП

За даними Держкомстату в Україні за останні роки значно збільшилася кількість фермерських господарств і приватних землекористувачів. При цьому великий розвиток отримало овочівництво захищеного ґрунту. Для підвищення ефективності виробництва овочів в теплицях і парниках широке застосування отримали малогабаритні мобільні агрегати у вигляді мотоблоків з ДВЗ потужністю 1-7 кВт вітчизняного і зарубіжного виробництва. В цілому мотоблоки з ДВЗ характеризуються як ефективні засоби малої механізації трудомістких процесів і особливо основного процесу обробітку ґрунту у фермерських господарствах, на присадибних і дачних ділянках.

Проте під час роботи мобільних агрегатів з ДВС в теплицях і парниках підвищується рівень шуму і загазованість повітря, які негативно впливають не лише на людей, але і на рослини. Причина цього - продукти неповного згорання рідкого палива, які осідаючи на заклею або плівкову поверхню даху і стін зменшують їх світлопроникність і, як наслідок, знижують зростання і розвиток рослин. До недоліків мотоблоків з ДВЗ також відносяться досить високі питомі витрати рідкого палива, що має високу вартість, труднощі при пуску і зупинці агрегату, а також невисока надійність ДВЗ.

Перспективнішими для роботи в спорудженнях захищеного ґрунту являються мобільні агрегати з тяговими електродвигунами, що дістали назву електромоблоків, як екологічно чисті агрегати що не має названих недоліків. Крім того, як показали проведені в Україні випробування макетних зразків мотоблоків з ТЕД, виконаних на шасі агрегатів з ДВЗ, їм властиві такі переваги, як легкість управління, економічність і надійність в роботі, можливість автоматизації технологічних процесів в теплицях, парниках, на присадибних і дачних ділянках.

У зв'язку зі значним зростанням вартості рідкого палива останнім часом спостерігається значний інтерес і попит з боку приватних землекористувачів на електромоблоки потужністю до 5 кВт. Тому є досить актуальним створення екологічно чистих електромоблоків з оптимальними експлуатаційними показниками і мінімальними витратами енергії для парників і теплиць, фермерських господарств і присадибних ділянок.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1.1 Обґрунтування типу електродвигуна приводу мотоблоку.
- 1.2 Розробка експериментального зразку електрифікованого мотоблоку.
- 1.3 Розробка системи керування електродвигуном приводу мотоблоку.
- 1.4 Дослідження потенційно-комутаційних умов ДПС приводу мотоблоку.
- 1.5 Визначення економічної ефективності електромоблоку.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

- метод статистичної обробки дослідних даних;
- метод планування математичного експерименту з пошуком оптимальних значень функції цілі на основі адекватних математичних моделей у вигляді рівнянь регресії другого порядку.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Обґрунтування типу електродвигуна приводу мотоблоку

Основне призначення тягового електродвигуна сумісно з пристроєм керування мотоблоку полягає в забезпеченні заданої тягової характеристики з високими енергетичними показниками і потрібною надійністю. За тяговою характеристикою може бути побудована механічна характеристика двигуна залежності крутного моменту від кутової частоти обертання вала $M=f(\omega)$, яка являє собою закон його регулювання [1]. Для практичної реалізації ідеї електрифікованого мотоблоку з централізованим електропостачанням можуть бути використані й електродвигуни змінного струму, і двигуни постійного струму з керованими вентильними перетворювачами. Але використання електродвигунів постійного струму, і особливо двигунів послідовного збудження, має низку суттєвих переваг, до яких слід віднести:

– Механічні характеристики двигунів послідовного збудження $M=f(\omega)$ за будь-якого способу регулювання швидкості наближені до гіперболи. Тобто у цих двигунів у разі зміни моменту опору навантаження, кутова швидкість ω змінюється автоматично, забезпечуючи сталість потужності $N^e = const$ (рис. 1). При цьому, для керування двигуном постійного струму під час живлення від централізованої мережі змінного струму можна застосовувати порівняно простий керований напівпровідниковий випрямляч, який має невеликі габарити та вартість. У випадку застосування асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором для реалізації цього ж закону регулювання потрібно використовувати трифазний вентильний перетворювач частоти, який за вартістю в декілька разів перевищує вартість двигуна.

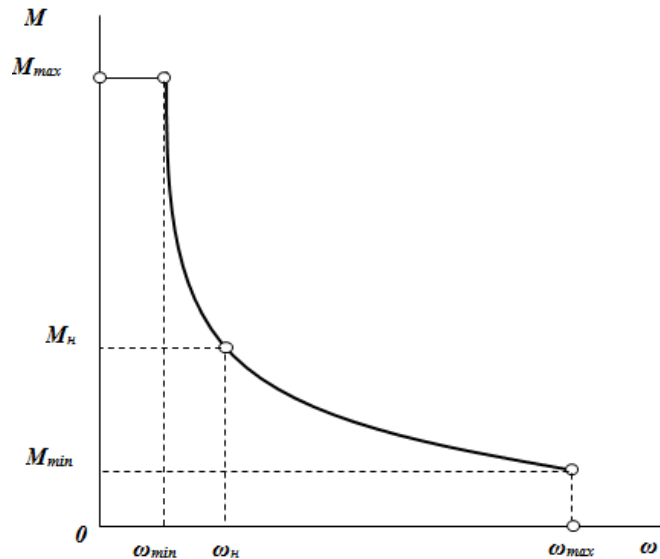


Рис. 1. Механічна характеристика тягового електродвигуна мотоблоку

– Електродвигуни постійного струму, на відміну від асинхронних і синхронних електродвигунів, забезпечують регулювання швидкості в широкому діапазоні, як вниз від номінальної, так і вгору, шляхом ослаблення магнітного поля з використанням простих технічних засобів. При цьому коефіцієнт зміни максимальної швидкості, що характеризує регульовальні властивості двигуна становить на рівні $K_\omega = \omega_{max}/\omega_n = 2-4$. Для збільшення швидкості вище номінальної у асинхронних та синхронних двигунів необхідно підвищити напругу живлення в 2-2,5 рази вище номінальної, що обумовлює інтенсивне нагрівання двигуна та перетворювача, істотне збільшення втрат і зниження ККД.

За пусковими властивостями та перевантажувальній здатності двигуни постійного струму також мають беззаперечну перевагу перед асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором. Про це свідчать такі порівняльні дані:

- кратність пускового струму	$K_i = I_n/I_n$	5-7	2-3
- кратність пускового моменту	$M_n = M_n/M_n$	1,2-1,5	2-3
- перевантажувальна здатність	$M_m = M_{max}/M_n$	1,5-2,0	2-3

– У двигунах послідовного збудження електромагнітний момент має квадратичну залежність від струму якоря I_a , а значить, і від струму навантаження I . Це дає підставу застосовувати ці двигуни в приводах установок, де необхідні великі моменти при пуску і спостерігаються часті перевантаження.

Отже, у разі зміни навантажувального моменту в широких межах потужність N^e і струм I_a у двигуна послідовного збудження змінюється пропорційно \sqrt{M} . Це означає, що за одного і того ж моменту навантаження на валу двигуни послідовного збудження можуть мати меншу встановлену потужність порівняно з іншими електродвигунами. Ця обставина особливо важлива для мотоблоку з централізованим електропостачанням.

Поряд з перевагами тягових електродвигунів постійного струму є також істотні недоліки: порівняно великі габарити і маса, наявність щітково-колекторного вузла, необхідність транспортування електрокабелю живлення, відносно збільшена вартість (мінімум в 2 рази) в порівнянні з ДВЗ. Великою перевагою асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором є надійність в роботі, відносно малі маса та габарити. За приблизно однакової керованості асинхронні електродвигуни легше по масі двигунів постійного струму в 2,5-3 рази та дешевші в 3-4 рази, але перетворювач частоти для їх керування важче та дорожче керованого випрямляча в 4-5 разів [1].

За величиною розрахункової потужності $N_{ам}^e$, з каталогу електрообладнання обирають електродвигун з найближчою номінальною потужністю і, по можливості, з більшою номінальною частотою обертання n_n , що має більш високий ККД та менші габарити, але з обов'язковим виконанням вимог за кратністю максимальної швидкості $K_\omega = \omega_{max} / \omega_i = n_{max} / n_i = 2,0-2,5$, де n_{max} також наведено в каталогах.

3.2 Розробка експериментального зразку електрифікованого мотоблоку

Електрифікованій мотоблок з електроприводом призначений для виконання агротехнічних операцій по обробці ґрунту: оранки, культивуації, нарізки борозен, підгортання, боронування і ін.

Дослідний зразок електрифікованого мотоблоку з тяговим електродвигуном був виготовлений в лабораторії кафедри АЕП і передбачає централизоване електропостачання від однофазної мережі змінного струму через гнучкий кабель і керований вентиляний перетворювач.

При розробці дослідного зразку електрифікованого мотоблоку були використані наступні основні принципи конструювання:

1. Раціональна конструктивна схема мотоблоку визначалася на основі аналізу конструктивних виконань ґрунтообробних машин з ДВЗ і мобільних електрифікованих агрегатів в сільському господарстві вітчизняного і зарубіжного виробництва.

2. Як комплектуючі елементи конструкції електрифікованого мотоблоку було використано устаткування, що серійно випускалося, і стандартні вузли і деталі.

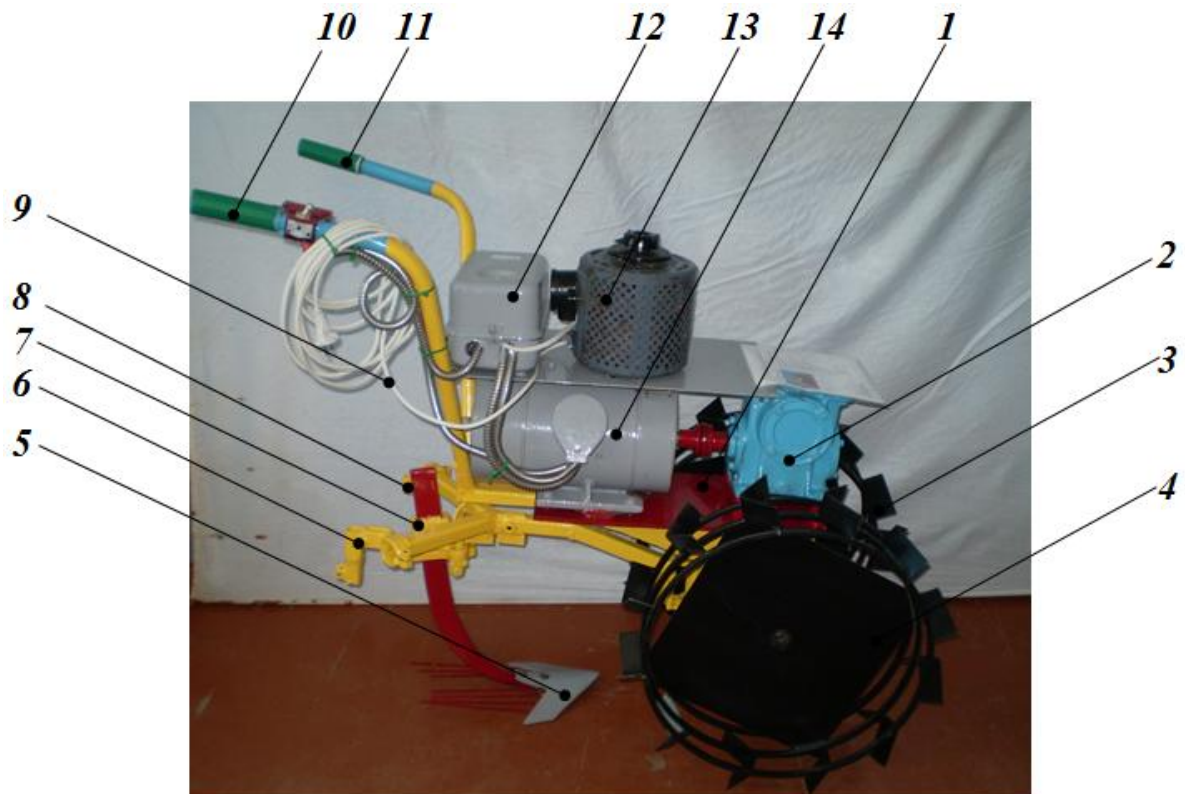
3. Забезпечення мінімальних габаритних розмірів, маси і вартості електрифікованого мотоблоку в зборі.

4. Забезпечення можливості агрегування мотоблоку з уніфікованим набором робочих органів для обробки ґрунту і рослин.

5. Забезпечення підвищеної надійності при експлуатації за рахунок вибору елементів конструкції мотоблоку з урахуванням реальних умов навколишнього середовища, а також максимального спрощення і типізації електричних схем, блоків управління і захисту електрифікованого мотоблоку.

6. Забезпечення легкості, зручності і безпеки управління оператора при роботі, обслуговуванні і ремонті електрифікованого мотоблоку.

Конструктивна схема експериментального зразку електрифікованого мотоблоку наведена на рис. 2.



1 – корпус (рама); 2 – редуктор; 3, 4 – ходові колеса; 5 – робочий орган; 6, 7, 8 – обійми для кріплення робочих органів; 9 – гнучкий кабель; 10, 11 – важелі (рукоятки) керування; 12 – електричний блок керування і захисту; 13 – автотрансформатор; 14 – тяговий електродвигун

Рисунок 2 – Конструктивна схема експериментального зразку електрифікованого мотоблоку

3.3 Розробка системи керування електродвигуном приводу мотоблоку

Електроприводу мотоблоку властиві часті перевантаження, що спостерігаються в режимах пуску, гальмування та при різкій зміні твердості ґрунту. Необхідність роботи електропривода як в режимі двигуна так і в гальмівних режимах, а також різкозмінний характер навантаження обумовлюють значні коливання потужності, що споживається електродвигуном [2,3].

З урахуванням особливостей роботи електродвигуна приводу електрифікованого мотоблоку розроблено функційну схему системи керування, зображену на рис. 3. На вхід системи керування подається сигнал задачі $U_{z,\omega}$. Він подається, наприклад, з движку потенціометру, але може подаватися із інших джерел (ЦАП цифрової системи та інші). Напряга $U_{z,\omega}$ є сигналом задавання швидкості, причому вона може бути будь-якої полярності, залежно від напрямку обертання.

Ця напруга зазвичай подається на задавач інтенсивності, що забезпечує темп зміни швидкості. У цій структурі необхідно обмежувати максимальне і мінімальне значення струму збудження. Це можливо зробити за рахунок схеми обмеження струму збудження.

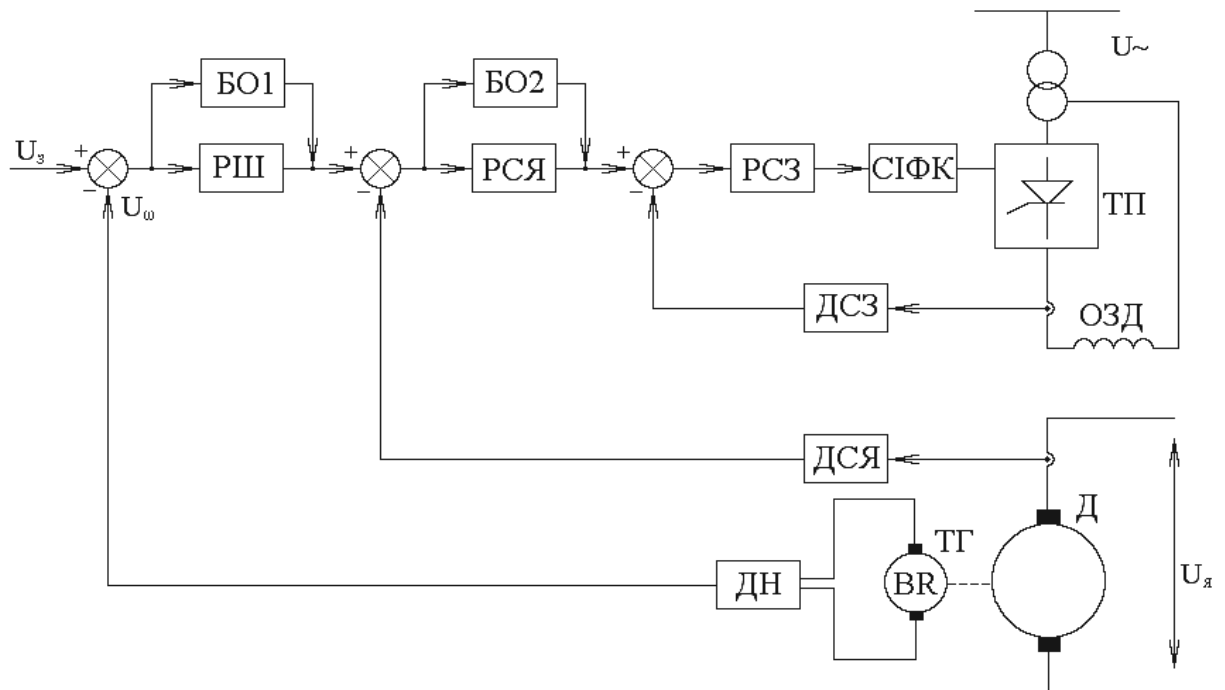


Рис. 3. Функційна схема керування електроприводом мотоблоку

На вхід регулятора струму збудження через схему виділення максимуму, створену двома діодами, подаються сигнали:

- 1) завдання струму збудження від окремого незалежного джерела;
- 2) сигнал струму збудження з виходу регулятора попереднього контуру, що обмежений на рівні номінального значення.

Перевагою такої структури є можливість обмеження струму якоря.

Схема керування приводним ДПС мотоблоку з тиристорним перетворювачем представлена на рисунку 4. Система працює за принципом вертикального управління з пилкоподібною опорною напругою. В якості генератора опорного напруги (ГОН) використовується генератор з зарядом ємності від джерела постійної напруги U_{II} і діодним комутатором з розширеним діапазоном. Напруга управління U_v знімається з виходу емітерного повторювача (ЕП). Опорна напруга u_{OH} і напруга управління U_v подаються на вхід нуль-органу (НО), виконаного на транзисторах $VT1$ та $VT2$. При $U_{OH} < U_v$ транзистор $VT1$ відкритий внаслідок протікання струму через перехід емітер-база по ланцюгу $+U_K$, емітер-база, $R6$, $-U_K$. При відкритому транзисторі $VT1$ транзистор $VT2$ закритий за рахунок зсуву напруги, що подається на базу транзистору $VT2$ через резистор $R9$.

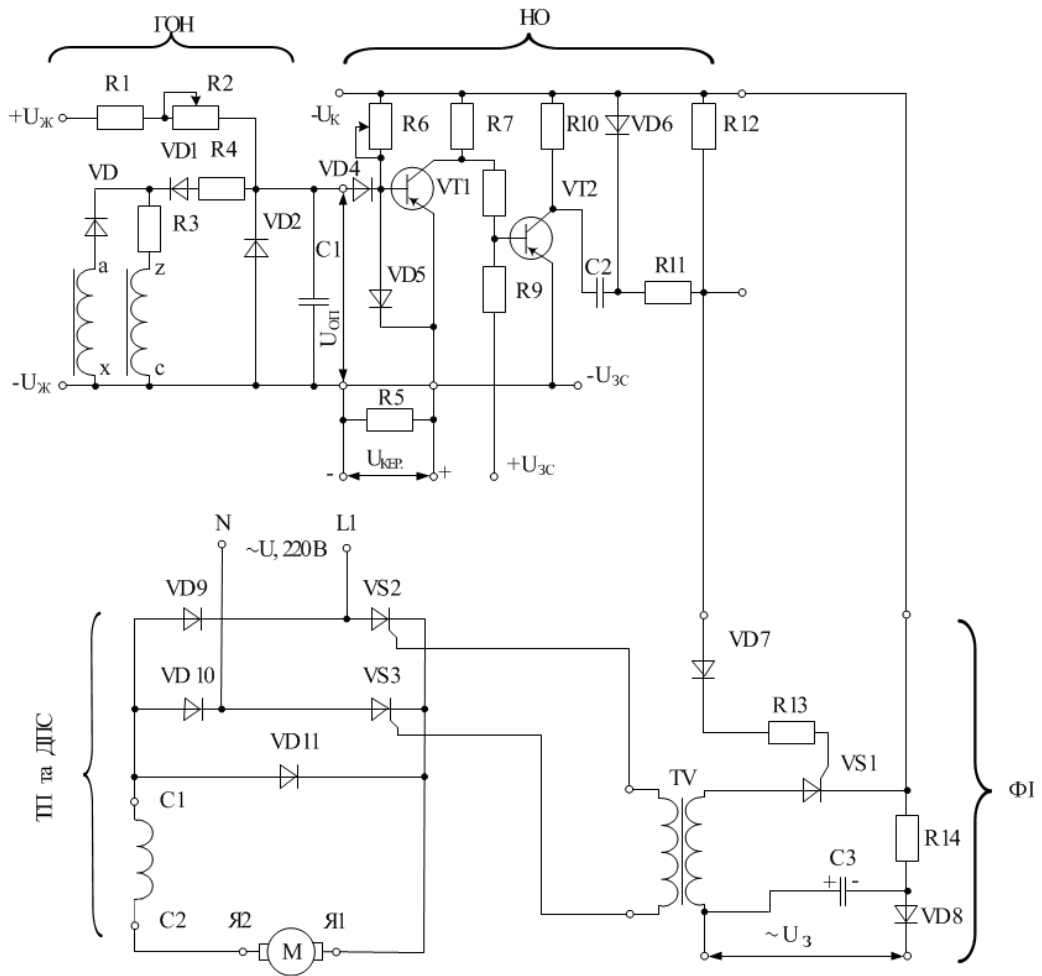


Рис. 4. Схема керування ЕД приводу мотоблоку

Залежність вихідної напруги ЕП від напруги на його вході показана на рис. 5. Вхідна напруга $U_{BX.EП}$ є алгебраїчною сумою напруги зсуву $U'_{зс}$ і зовнішньої напруги керування $U'_{КЕР}$, тобто $U_{BX.EП} = U'_{зс} \pm U'_{КЕР}$. Напруга $U'_{зс}$ вибирається з умови отримання необхідного початкового фазування. Так, наприклад, можна отримати, що при $U'_{КЕР} = 0$ кут регулювання α дорівнюватиме 90° . Регулювання напруги $U'_{зс}$ дасть можливість плавно змінювати початкове фазування. Крім того, в системі керування передбачена можливість зміни початкової фази вихідних імпульсів ступенями через 30° фазуванням напруги трансформатора, що живить діодний комутатор.

Напруга керування $U'_{КЕР} = 0$ на вході ЕП відповідає напрузі $U_{EП0}$. При подачі на вхід ЕП напруги керування $U'_{КЕР}$ з полярністю, згідною з $U'_{зс}$, напруга $U_{EП}$ зросте. У схемі ЕП передбачено обмеження максимального значення $U_{EП}$ на рівні $U_{EПmax}$. При подачі на вхід ЕП напруги керування $U'_{КЕР}$ зворотної полярності напруга $U_{EП}$ буде зменшуватися. При цьому передбачено також обмеження мінімальної напруги ЕП на рівні $U_{EПmin}$.

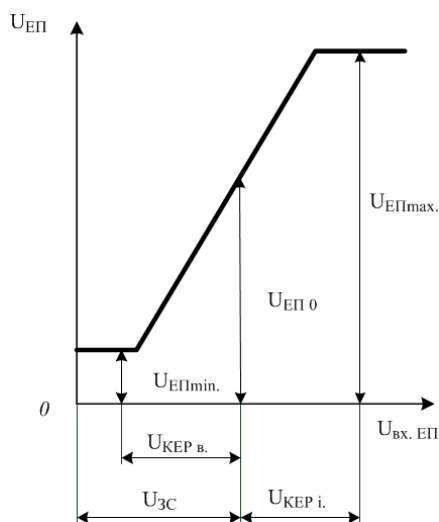


Рис. 5. Залежність напруги на виході ЕП від напруги на його вході

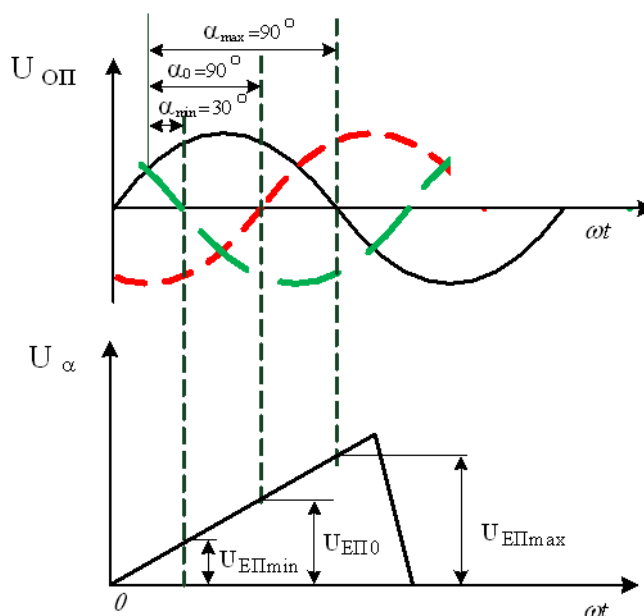


Рис. 6. Часові діаграми роботи системи імпульсно-фазового керування

На рис. 6 показані часові діаграми, що ілюструють роботу СІФК. Тут наведено криву анодної напруги тиристора і криву опорної напруги. Керуючий імпульс формується в момент рівності напруг $U_{ОП}$ і U_{EP} . При зазначеному фазуванні, якщо напруга $U'_{КЕР}$ на вході ЕП дорівнює нулю, вихідна напруга його і керуючий імпульс буде формуватися в момент часу, відповідному куту $\alpha_0 = 90^\circ$.

У емітерному повторювачі передбачена можливість зміни рівнів U_{EPmax} і U_{EPmin} , що дозволяє змінювати максимальний кут в інвертному режимі α_{max} і мінімальний кут α_{min} у випрямляючому режимі. На рис. 6 розглянуто випа-

док, коли напруга на виході ЕП обмежується так, що кут α може змінюватися в межах $30^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$.

Імпульс напруги, що формується нуль-органом, знімається з резистора R_{I2} і подається на керуючий електрод допоміжного тиристора VSI тиристорного формувача імпульсів ФІ (його називають генератором імпульсів). Вихідний імпульс знімається з вторинної обмотки імпульсного трансформатора TV і надходить на тиристорний перетворювач (ТП), який живить обмотки якоря та збудження ДПС приводу мотоблоку.

3.4 Дослідження потенційно-комутаційних умов ДПС приводу мотоблоку

Найбільш напруженими за потенційно-комутаційними умовами є режим роботи ДПС з реалізацією номінальної потужності при пуску та максимальній швидкості ω_{\max} , коли реактивна ЕРС і максимальна напруга між колекторними пластинами досягають своїх найбільших значень $e_{p.\max}$ та $U_{k.\max}$. Розглянемо це питання більш детально на прикладі ДПС в приводі мотоблока. Механічна характеристика тягового ДПС послідовного збудження $M=f(\omega)$, що наведена на рис. 1, є законом регулювання тягового двигуна мотоблока.

Пусковому режиму на характеристиці $M(\omega)$ відповідає ділянка АВ і режиму максимальної кутової швидкості ω_{\max} – ділянка ДЕ. Координати цих точок: M_{\max} та ω_{\min} ; M_{\min} та ω_{\max} однозначно визначають коефіцієнт зміни швидкості (k_V) та кратність максимального та пускового моментів (k_M). При цьому

$$k_V = \frac{\omega_{\max}}{\omega_H} = \frac{V_{a.\max}}{V_{a.\text{ном}}} = \frac{n_{\max}}{n_{\text{ном}}}; \quad k_M = \frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}. \quad (1)$$

Коефіцієнти k_V та k_M є найбільш важливими показниками регульовальних властивостей ДПС. При цьому слід відмітити, що кратності частоти обертання k_n та моменту k_M завдаються в каталогах ДПС.

Пусковий режим ДПС послідовного збудження забезпечується зниженням живлячої напруги $U_* = U/U_{\text{ном}}$ з метою зниження пускового струму $I_{п*} = I_{п}/I_{\text{ном}} \geq 2-3$. Одночасно відбувається форсування магнітного потоку, оскільки в цих двигунах струм збудження $I_{зб}$ дорівнює струму якоря I_a , тобто $I_{зб} = I_a = I_{п}$, і магнітний потік $\Phi_{\max*} = \Phi/\Phi_{\text{ном}} > 1$. Максимальне значення потоку обмежено ступенем насичення магнітного ланцюга двигуна, який визначається коефіцієнтом насичення $k_{\mu} = \Phi_{\max*}/\Phi_{\text{ном}} = 1,2 \dots 1,4$ [4]. Режим максимальної швидкості ω_{\max} може бути забезпечений послабленням магнітного потоку $\Phi_* < 1$ при незмінності живлячої напруги $U_* = 1$. Ступень послаблення потоку може бути врахована коефіцієнтом послаблення магнітного поля $\beta_{п.п.} = I_{зб}/I_a < 1$ та забезпечена шляхом шунтування послідовної обмотки збудження деяким регульованим опором $R_{ш.с}$. В загальному випадку співвідношення між потоком Φ_* та напругою U_* при керуванні ДПС визначаються допустимою кратністю максимальної швидкості $\omega_{\max,*}$ (k_V) та пускового момен-

ту $M_{п*} (k_M)$, що забезпечує нормальні потенційно-комутаційні умови на колекторі при роботі двигуна.

Потенційні умови на колектор визначаються середнім значенням напруги між суміжними колекторними пластинами $U_{к.ср.}$ та коефіцієнтом викривлення поля реакцією якоря k_f . Небезпека виникнення кругового вогню на колекторі визначається максимальною напругою між колекторними пластинами $U_{к.мах}$.

$$U_{к.мах} = 2B_{\delta max} \cdot l_a \cdot V_a \cdot W_c (p/a); \quad (2)$$

або

$$U_{к.мах} = k_f \cdot U_{к.ср.} / \alpha, \quad (3)$$

де $B_{\delta max}$ – максимальна індукція в зазорі;

l_a – довжина провідника обмотки якоря в магнітному полі;

V_a – швидкість точки, що лежить на поверхні якоря;

W_c – число витків в секції;

P – число пар полюсів;

a – число паралельних гілок обмотки якоря;

α – коефіцієнт полюсного перекриття.

При цьому

$$U_{к.ср.} = 2p \cdot U / K; \quad (4)$$

$$k_f = \frac{B_{\delta max}}{B_{\delta 0}}, \quad (5)$$

де U – напруга, що підведена до обмотки якоря;

K – число колекторних пластин;

$B_{\delta 0}$ – магнітна індукція в зазорі на холостому ході.

Для машини з рівномірним зазором без компенсаційної обмотки

$$k_f = 1 + 0,5b_{п} \cdot \frac{A}{F_{г.п.}} = 1 + \frac{1}{k_c}, \quad (6)$$

де A – лінійне навантаження;

$F_{г.п.}$ – магніторушійна сила головного полюса;

$b_{п}$ – довжина полюсної дуги;

k_c – коефіцієнт стійкості магнітного поля, що дорівнює

$$k_c = \frac{F_{г.п.}}{0,5b_{п} \cdot A} = \frac{F_{г.п.}}{F_{р.а.}}. \quad (7)$$

Згідно з (3) та (6) для запобігання кругового вогню в машині без компенсаційної обмотки необхідно, щоб в номінальному режимі коефіцієнт k_c був достатнім по величині. Так як МРС головного полюса $F_{г.п.}$ пропорційна струму збудження $I_{зб.}$, а МРС реакції якоря $F_{р.а.}$ – струму якоря I_a , то можна записати:

$$k_c = C_1 \cdot \frac{I_{зб.}}{I_a}. \quad (8)$$

При відсутності насичення магнітної системи, при одному і тому ж струмі якоря

$$\frac{n_{\max}}{n_{\text{НОМ}}} = \frac{\Phi_{\text{НОМ}}}{\Phi_{\min}} = \frac{I_{\text{зб.НОМ}}}{I_{\text{зб.}\min}} = k_U, \quad (9)$$

звідки
$$I_{\text{зб.}\min} = \frac{I_{\text{зб.НОМ}}}{k_U}, \quad (10)$$

і, отже,
$$k_{\text{с.}\min} = \frac{k_{\text{с.НОМ}}}{k_U}. \quad (11)$$

Якщо в номінальному режимі магнітна система насичена, то

$$k_{\text{с.}\min} = \frac{k_{\text{с.НОМ}}}{R_{\mu} \cdot k_U}. \quad (12)$$

Отже, при переході від номінального режиму, до режиму максимальної швидкості, значення $U_{\text{к.}\max}$ збільшується, що може викликати виникнення кругового вогню.

При відомих параметрах ДПС та $U_{\text{к.}\max}$, можна визначити максимальний коефіцієнт викривлення поля

$$k_f = \frac{U_{\text{к.}\max}}{U_{\text{к.}\text{сеп}}} \cdot \alpha, \quad (13)$$

а потім і мінімальний коефіцієнт стійкості по (6)

$$k_{\text{с.}\min} = \frac{1}{k_f - 1}. \quad (14)$$

Слід відмітити, що наявність компенсаційної обмотки в ДПС знімає обмеження по потенційним умовам. Таким чином, обмеження по потенційним умовам або максимальній напрузі між суміжними колекторними пластинами зводиться до зберігання мінімально допустимого коефіцієнту стійкості

$$k_{\text{с.}\min} = \frac{F_{\text{зб.}}}{F_{\text{р.а.}}} = \frac{I_{\text{зб.}} \cdot W_{\text{зб.}}}{0,5b_{\text{п.}} \cdot A}; \quad (15)$$

$$k_{\text{с.}\min} = C(I_{\text{зб.}} / I_a) = \text{const}. \quad (16)$$

В ДПС послідовного збудження таке обмеження буде виконане автоматично, якщо зафіксувати максимально допустиму ступень послаблення струму збудження $\beta_{\text{п.п.}} = 0,4$, тобто використати мінімальний опір, що шунтує обмотку збудження, при якому

$$\beta_{\text{п.п.}\min} = I_{\text{зб.}} / I_a = 0,4. \quad (17)$$

На основі розрахункових та дослідних даних, обмеження по потенційним умовам на колекторі найбільш частіше використаних тягових ДПС, визначаються наступними показниками:

$U_{\text{к.доп.}} \leq 25 \dots 28$ В для ДПС великої потужності;

$U_{\text{к.доп.}} \leq 30 \dots 35$ В для ДПС середньої потужності;

$U_{\text{к.доп.}} \leq 40 \dots 45$ В для ДПС малої потужності;

$\beta_{\text{п.п.}} \geq 0,4$; $k_{\text{п.доп.}} \leq n_{\max} / n_{\text{НОМ}}$. – задається в каталогах ДПС.

Обмеження по комутації визначаються електромагнітними причинами іскріння щіток, що пов'язано з реактивною ЕРС в комутуючих секціях обмотки якоря. Середнє значення реактивної ЕРС згідно з [3] можна визначити

$$e_{p.cер.} = 2A \cdot I_a \cdot V_a \cdot W_c \cdot \Lambda_{\Pi}, \quad (18)$$

де Λ_{Π} – приведена питома магнітна провідність пазового розсіювання, рівняння для розрахункового визначення якого наведено в керівництвах по проектуванню електричних машин. В наближених розрахунках можливо прийняти $\Lambda_{\Pi} = (5 \dots 8) \cdot 10^{-6}$ Гн/м для машин малої та середньої потужності, та $\Lambda_{\Pi} = (3,5 \dots 5,0) \cdot 10^{-6}$ Гн/м для машин великої потужності.

Питома потужність електричних розрядів під щіткою, що характеризує ступень іскріння щіток на колекторі згідно [5], дорівнює

$$P_{\text{пит.}} = E_{p.cер.} \frac{F_{Г.п.}}{l_{щ.}} \cdot \Delta^2 = K_{щ.} \cdot \Delta^2, \quad (19)$$

де $l_{щ.}$ – довжина щітки;

Δ – комутаційне порушення;

$K_{щ.}$ – коефіцієнт обмеження інтенсивності іскріння щіток.

При цьому

$$K_{щ.} = I_{p.cер.} \frac{F_{Г.п.}}{l_{щ.}} = 2A \cdot V_a \cdot W_c \cdot \Lambda_{\Pi} \cdot \frac{F_{Г.п.}}{l_{щ.}}; \quad (20)$$

$$\Delta = 1 - \frac{e_{к.cер.}}{e_{p.cер.}}, \quad (21)$$

де $e_{к.cер.}$ – середнє значення комутуючої ЕРС, що наводиться в секціях обмотки якоря магнітним полем добавочних полюсів.

Слід нагадати, що умовою безіскрової комутації машин постійного струму, є

$$e_{p.cер.} + e_{к.cер.} = 0. \quad (22)$$

Зв'язок між питомою потужністю ($P_{\text{пит.}}$) та інтенсивністю іскріння в ба-лах згідно ДСТУ наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Питома потужність ($P_{\text{пит.}}$) та інтенсивність іскріння під щітками

Ступень іскріння	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	3
$P_{\text{пит.}}$, Вт/см	0...0,25	0,25...1,0	1,0...2,0	2,0...5,0	>5,0

Можна зробити висновок, що небезпечного іскріння під щітками не виникає, якщо $P_{\text{пит.}} \leq 1$ Вт/см.

Для ДПС з широким регулюванням швидкості, оцінка якості комутації (в відсотках) при високій частоті обертання проводиться по величині тривалості комутаційного порушення за рівнянням

$$\Delta_{\text{max}} = \frac{1}{\sqrt{K_{щ.}}} \left(1 + \frac{e_{p.cер.}}{e_{p.cер.} - 2\Delta U} \right). \quad (23)$$

Значення Δ_{\max} для надійної роботи машин по комутаційній умові не повинно бути менше 10%.

Реактивна ЕРС $e_{p,\text{ср.}}$ збільшується прямо пропорційно швидкості V_a , тому зі збільшенням швидкості, зменшується значення виразу в дужках в формулі (23), найбільше значення якого дорівнює 2, а також збільшується коефіцієнт $K_{\text{щ.}}$. Все це приводить до зменшення допустимого значення Δ_{\max} та збільшення вірогідності іскріння щіток. Позначивши в (23) вираз в дужках, як

$$2\nu = \left(1 + \frac{e_{p,\text{ср.}}}{e_{p,\text{ср.}} - 2\Delta U} \right), \quad (24)$$

отримаємо Δ_{\max} в відсотках:

$$\Delta_{\max} = \frac{2\nu}{\sqrt{K_{\text{щ.}}}}. \quad (25)$$

Завдаючи в режимі максимальної швидкості $\Delta_{\max} = 10\%$, по (25) можна визначити максимальне значення коефіцієнта $K_{\text{щ.}}$.

$$K_{\text{щ.}} \leq (20\nu)^2. \quad (26)$$

Залежність $\nu = f(e_p)$ наведено на рис. 7, з якої слідує, що при великих значеннях реактивної ЕРС $e_p = 5 \dots 8$ В та максимальній швидкості ω_{\max} (V_a), величина $\nu = 1,5 \dots 1,25$. Тобто значення коефіцієнта $K_{\text{щ.}}$ дорівнює:

$$K_{\text{щ.},\nu} \leq 400(1,5 \dots 1,25)^2 = 600 \dots 900 \quad (27)$$

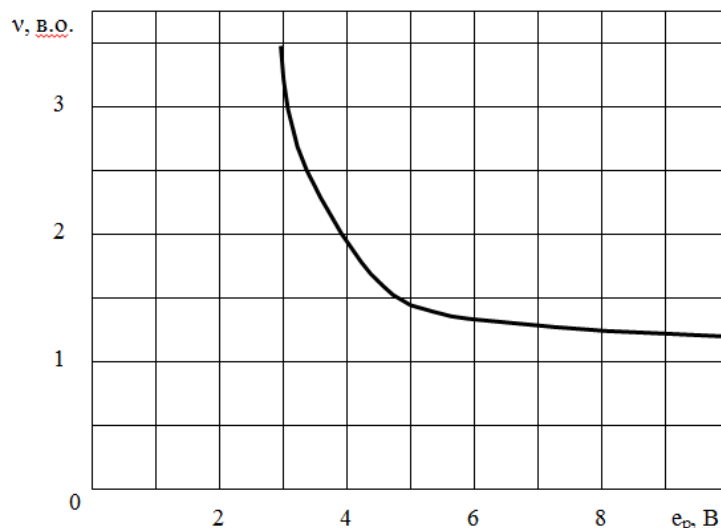


Рис. 7 – Залежність $\nu = f(e_p)$

В номінальному режимі роботи, який приймається за розрахунковий, значення коефіцієнта $K_{\text{щ.}}$ дорівнює:

$$K_{\text{щ.ном}} = \frac{K_{\text{щ.в}}}{K_v} = \frac{600..900}{K_v}. \quad (28)$$

Практично це відповідає зменшенню значення реактивної ЕРС $e_{p.cер.}$. Так як коефіцієнт $K_{\text{щ.}}$ пропорційний струму та швидкості якоря,

$$K_{\text{щ.}} = C_1 \cdot I_a^2 \cdot V_a = C_2 \cdot I_a^2 \cdot n. \quad (29)$$

то можна отримати граничне значення струму якоря в залежності від частоти обертання

$$I_{a.\text{max}} \sqrt{\frac{K_{\text{щ.}}}{C_2 \cdot n}}. \quad (30)$$

Таким чином, обмеження по комутації визначаються наступними гранично допустимими показниками:

$$\begin{aligned} e_{p.cер.} &\leq 7,5..8,5 \text{ В}; & P_{\text{пит.}} &\leq 1 \text{ Вт/см}; & K_{\text{щ.}} &= 600..900; \\ V_{a.\text{доп.}} &\leq 65..70 \text{ м/с}; & V_{k.\text{доп.}} &\leq 50..55 \text{ м/с}; & & \\ K_{\text{п}} &\leq n_{\text{max}}/n_{\text{ном}} - \text{з каталожних даних.} \end{aligned} \quad (31)$$

3.5 Визначення економічної ефективності електромоблоку

Для визначення економічної ефективності МБ з ТЕД використаємо методику, згідно якої річний економічний ефект нової техніки визначається як різниця приведених витрат мотоблоків з ТЕД та ДВЗ.

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{Z}_m - \mathcal{Z}_3, \quad (32)$$

де \mathcal{E}_r – очікуваний річний ефект мотоблока з ТЕД;

$\mathcal{Z}_m, \mathcal{Z}_3$ – річні приведені витрати відповідно мотоблоків з ДВЗ і ТЕД.

При цьому

$$\mathcal{Z}_m = I_m + E_n \cdot K_m; \quad (33)$$

$$\mathcal{Z}_3 = I_3 + E_n \cdot K_3, \quad (34)$$

де I_m, I_3 – річні експлуатаційні витрати на мотоблоки з ДВЗ і ТЕД;

K_m, K_3 – капітальні вкладення, рівні ринковій вартості мотоблоків з ДВЗ і ТЕД;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень. При оцінюванні засобів малої механізації і автоматизації в сільськогосподарському виробництві рекомендується $E_n = 0,65..1$. Для подальших розрахунків приймаємо $E_n = 0,8$.

В свою чергу річні експлуатаційні витрати мотоблоків можна представити в вигляді двох складових

$$I_m = C_m + C_t; \quad (35)$$

$$I_3 = C_3 + C_{39}, \quad (36)$$

де C_m, C_3 – постійні складові експлуатаційних затрат мотоблоків, що не залежать від витрат електроенергії;

$C_T, C_{\text{э}}$ – річні витрати на паливо-мастильні матеріали мотоблоків з ДВЗ і електроенергію для мотоблоків з ТЕД;

При цьому річні витрати на рідке паливо визначаються

$$C_T = P_n \cdot q \cdot T_r \cdot \eta \cdot \text{Ц}_T, \quad (37)$$

де P_n – номінальна потужність ДВЗ мотоблока, кВт;

q – питомі витрати рідкого палива, л/(кВтгод);

T_r – річна тривалість роботи мотоблока в теплиці та на відкритому ґрунті, год.;

η – коефіцієнт використання потужності ДВЗ при виконанні основного технологічного процесу - оранці ґрунту. Приймається $\eta=0,7 \dots 0,8$.

Ц_T – вартість одного літра рідкого палива, грн.

Витрати на електроенергію для мотоблока з ТЕД визначаються

$$C_{\text{э}} = \frac{P_n \cdot K_3}{\eta_n \cdot K_{\text{эс}}} \cdot T_r \cdot \text{Ц}_3, \quad (38)$$

де P_n – номінальна потужність ТЕД мотоблока, кВт;

K_3 – коефіцієнт завантаження ТЕД. Приймається $K_3=0,85$;

η_n – номінальний ККД ТЕД мотоблока, в.о.;

$K_{\text{эс}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати в мережі та живлячому кабелі сети. Приймаємо $K_{\text{эс}}=0,95$;

Ц_3 – тарифна вартість 1 кВтгод. електроенергії, встановлена НКЕР України на розрахунковий рік.

В першому наближенні постійні складові експлуатаційних витрат, не пов'язані з витратами на паливо та електроенергію при роботі мотоблоків можна прийняти рівними

$$C_m = C_3. \quad (39)$$

В результаті вираз (32) приймає зручний для розрахунків вигляд

$$\text{Э}_r = (C_T + E_n K_m) - (C_{\text{э}} + E_n K_3). \quad (40)$$

Вихідні дані для розрахунків.

Таблиця 2 - Технічні характеристики мотоблоків

Марка МБ	Паливо	Потужність, кВт	Питомі витрати палива, л/кВтгод	Вартість МБ, грн.	Маса МБ, кг
МК-1А-01, Росія	А-92	1,9	0,420	2348	48
М-3, Україна	ДТ	2,3	0,394	2490	65
ЕМБ-АЭП, каф. АЭП ТГАТУ	електроенергія	0,85	-	4300	70

2. Розрахунковий час роботи мотоблоків протягом року в теплицях і на присадибних ділянках приймаємо рівним $T_r=2000$ час.

3. Вартість 1 кВтгод. електроенергії у відповідності з тарифом встановленим НКРЕ України на 2014 рік для об'єктів АПК $\text{Ц}_e = 1,06$ грн/кВтч.

4. Розрахункова вартість одного літра рідкого палива Ц_T приймається рівною: для ДТ-9,6 грн/л. та А-92-10,6 грн/л.

Річні витрати на рідке паливо і електроенергію для мотоблоків що порівнюються:

- для МБ Крот МК-1А-01:

$$C_{T1} = 1,9 \cdot 0,42 \cdot 2000 \cdot 0,75 \cdot 10,6 = 12688,2 \text{ грн.}$$

- для МБ МЗ:

$$C_{T2} = 2,3 \cdot 0,394 \cdot 2000 \cdot 0,75 \cdot 9,6 = 13049,3 \text{ грн.}$$

- для ЕМБ-АЭП:

$$C_{\text{эз}} = 0,85 \cdot 0,85 \cdot 2000 \cdot 1,06 = 1531,7 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект для електромоблока

$$\text{Э}_{r1} = (12688,2 + 0,8 \cdot 2384) - (1531,7 + 0,8 \cdot 4300) = 9632,7 \text{ грн.},$$

для мотоблока М-3:

$$\text{Э}_{r2} = (13049,3 + 0,8 \cdot 2490) - (1531,7 + 0,8 \cdot 4300) = 1069,6 \text{ грн.},$$

Розрахунковий термін окупності витрат на електромоблок з ТЕД в порівнянні з мотоблоками з ДВЗ

$$T_1 = \frac{\Delta K_{M1}}{\text{Э}_{r1}} \quad \text{і} \quad T_2 = \frac{\Delta K_{M2}}{\text{Э}_{r2}}, \quad (41)$$

де ΔK_{M1} – різниці капітальних вкладень або вартості мотоблоків ЕМБ-АЭП і Крот МК-1А-01;

ΔK_{M2} – різниці капітальних вкладень або вартості мотоблоків ЕМБ-АЭП і М-3.

При цьому

$$T_1 = \frac{4300 - 2384}{9623,7} = 0,99 \text{ року};$$

$$T_2 = \frac{4300 - 2490}{10069,7} = 0,79 \text{ року.}$$

Нормативний строк окупності при прийнятому $E_n = 0,8$ дорівнює

$$T_n = \frac{1}{E_n};$$

$$T_n = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ року.}$$

Таким чином, при використанні в теплицях, парниках та малих фермерських господарствах мотоблоків з ТЕД замість мотоблоків з ДВЗ аналогічної потужності, очікуваний економічний ефект складає близько 10 тис. грн. за рахунок зниження витрат на електроенергію в порівнянні з витратами на паливно-мастильні матеріали. Крім того, електромоблоки є екологічно чистими агрегатами та характеризуються легкістю керування, високою експлу-

атаційною надійністю, а також можливістю автоматизації технологічних процесів в теплицях і парниках.

ВИСНОВКИ

1 Обґрунтовано тип електродвигуна приводу мотоблоку - двигун постійного струму послідовного збудження, який найбільш задовольняє вимоги до тягового електроприводу.

2 Сконструйовано експериментальний зразок електромоблоку, який є екологічно чистим агрегатом та характеризується легкістю керування, високою експлуатаційною надійністю, а також можливістю автоматизації технологічних процесів в теплицях і парниках.

3 Найбільш перспективним варіантом побудови силового електроприводу ґрунтообробного мотоблоку є використання системи імпульсно-фазового керування представленої на рис. 2, забезпечує діапазон регулювання кута α до 120° , асиметрію не більше $1,5^\circ$, тривалість імпульсу не менше 450 мкс , амплітуду імпульсів 20В і більше, а тривалість переднього фронту імпульсу не більше 15 мкс . Коефіцієнт передачі СІФУ становить $9^\circ/\text{В}$, тобто при зміні напруги керування на 1В кут змінюється на 9° .

4 Визначені гранично допустимі значення основних показників з урахуванням рекомендацій технічної літератури, що забезпечують нормальні ПКУ при роботі найбільш розповсюджених тягових електродвигунів постійного струму при широкому діапазоні регулювання кутової швидкості.

3.1 Потенційні обмеження.

- Напруга між суміжними колекторними пластинами:

$U_{\text{к.доп.}} \leq 25 \dots 28 \text{ В}$ для ДПС великої потужності;

$U_{\text{к.доп.}} \leq 30 \dots 35 \text{ В}$ для ДПС середньої потужності;

$U_{\text{к.доп.}} \leq 40 \dots 45 \text{ В}$ для ДПС малої потужності.

- Кратність частоти обертання: $K_{\text{п.доп.}} \leq n_{\text{max}} / n_{\text{ном}}$, що задається в каталогах електрообладнання;

- коефіцієнт послаблення магнітного поля: $\beta_{\text{п.п.}} \geq 0,4$.

3.2 Обмеження по комутації.

- Середнє значення реактивної ЕРС: $e_{\text{р.сер.}} \leq 7,5 \dots 8,5 \text{ В}$;

- Величина питомої потужності електричних розрядів: $P_{\text{пит.}} \leq 1 \text{ Вт/см}$;

- Коефіцієнт інтенсивності іскріння щіток: $K_{\text{щ.}} = 600 \dots 900$;

- Значення лінійних швидкостей на поверхні якоря ($V_{\text{а.доп.}}$) та колектора ($V_{\text{к.доп.}}$): $V_{\text{а.доп.}} \leq 65 \dots 70 \text{ м/с}$; $V_{\text{к.доп.}} \leq 50 \dots 55 \text{ м/с}$.

5 При використанні в теплицях, парниках та малих фермерських господарствах мотоблоків з ТЕД замість мотоблоків з ДВЗ аналогічної потужності, очікуваний економічний ефект складає близько 10 тис. грн. за рахунок

зниження витрат на електроенергію в порівнянні з витратами на паливно-мастильні матеріали.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ковальов О.В. Методика розрахунку та вибору тягового електродвигуна в приводі мотоблока/ О.В. Ковальов// Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету – Вип. 2, Дніпропетровськ: ДДАУ, 2010. – С. 80-84.

2. Андреев Ю. М. Электрические машины в тяговом автономном электроприводе/ Ю. М. Андреев, К. Г. Исаакян, А. Д. Машихин и др., Под ред. А. П. Пролыгина.- М. : Энергия, 1979. – 240 с.

3. Корчемный М. Электропривод мобильного агрегата/ М. Корчемный, І. Савченко, Н. Юсупов, С. Гусаков // Електрифікація, 1997, № 8. – с. 30-31.

4. Терехов В. М. Системы управления электроприводов : учебник для вузов/ В. М. Терехов, О. И. Осипов. – М.: Академия, 2005. – 299 с.

5. Панкратов В. В. Вентильный электропривод : от стиральной машины до металлорежущего станка и электровоза / В. В. Панкратов // Электронные компоненты, 2007, № 2. – С. 42 – 53.

6. И.П. Копылов. Проектирование электрических машин/ Под редакцией И.П. Копылова. – М.: Энергия, 1980. – 496 с.

РОЗДІЛ 14.2
РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА
ЕЛЕКТРОННО-МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ І ПРИСТРОЇВ ДЛЯ
АГРОТЕХНІЧНИХ ПАРКІВ

Етап 14.2.4 Електромагнітні технології в спорудах захищеного ґрунту

ВИКОНАВЕЦЬ

Докт. техн. наук, доцент

Куценко Юрій Миколайович

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 14.2.4: 8 с., 3 рисунка, 7 посилань.

Об'єкт дослідження: Процеси перетворення електричної і магнітної енергії в енергію розвитку рослин в гетерогенних структурах споруд захищеного ґрунту.

Мета дослідження – розробка електротехнічної установки з заданими параметрами для впливу на рослинні об'єкти та автоматизація контролю та керування процесу розвитку тепличних культур.

Методи досліджень: Для вирішення поставленої проблеми були застосовані методи математичного моделювання фізичних процесів; основні положення теорії електромагнітного поля; теорії ймовірності.

Експериментальна перевірка теоретичних положень проводилася в лабораторних умовах, а обробка одержаних даних – із використанням методів математичної статистики, застосовуючи сучасні пакети комп'ютерних програм.

Ключові слова – електричне і магнітні поля, рослинні об'єкти, ефективність виробництва, тепличні культури.

ВСТУП

Створення сучасних електротехнічних комплексів, раціональне та ефективне використання енергії електричного і магнітних полів в технологічних процесах вирощування сільськогосподарської продукції є важливим фактором інтенсифікації виробництва продукції закритого ґрунту.

Для ефективного вирощування тепличних культур за допомогою електричного та магнітного полів необхідно забезпечити задані параметри полів, які дозволяють стимулювати процеси розвитку рослин для підвищення їх врожайності.

Мета дослідження – розробка електротехнічної установки з заданими параметрами для впливу на рослинні об'єкти та автоматизація контролю та керування процесу розвитку тепличних культур.

Одним із напрямків активації процесу розвитку рослин і його керування можна вважати електротехнічні і магнітні системи, побудовані на основі перетворення електричної і магнітної енергії в енергію розвитку рослин, які можуть впливати на насіння та кореневу систему, активізуючи їх життєдіяльність. Тому розробка і впровадження електротехнічних і магнітних систем у спорудах захищеного ґрунту для активації гетерогенних структур з метою підвищення ефективності виробництва, зокрема збільшення врожайності тепличних культур, є актуальним завданням для науки і практики.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

Програма експериментальних досліджень передбачає:

- розробка електротехнічної установки;
- проведення лабораторних досліджень з тепличними культурами з визначення параметрів електричного і магнітного полів, що викликають підвищення їх врожайності та якості;
- автоматизація процесу впливу електричного і магнітного полів на гетерогенні структури.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Визначення показників хімічного складу проводили за наступними методиками: вміст сухих речовин термогравіметричним методом за ДСТУ ISO 751:2004; вміст сухих розчинних речовин рефрактометричним методом за ДСТУ ISO 2173:2007; вміст хлорофілів та каратиноїдів шляхом екстрагування пігментів ацетоном з наступним визначенням їх оптичної густини [7].

При використанні стандартних методик кількість вимірювань – відповідно до методики. При застосуванні нестандартних методик – кількість вимірювань не менше, ніж в п'ятьох повтореннях.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для ефективного вирощування тепличних культур за допомогою електричного та магнітного полів необхідно забезпечити задані параметри полів, які дозволяють стимулювати процеси розвитку рослин для підвищення їх врожайності.

Для впливу електричного та магнітного полів на підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблена електротехнічна установка. Основні параметри установки: напруга живлення, В – 0...100; номінальна потужність, кВА – 1,2; кількість електродів \varnothing 18 мм, шт. – 4; кількість постійних магнітів, шт. – 2, геометричні розміри - $a \times b \times c = 3600 \times 18 \times 2000$ мм; експозиція впливу, год – до 720; характеристики постійних магнітів: магнітна індукція, В/В_r – 380 мТл; коерцитивна сила за індукцією, Н_{сб} – 285 кА/м; коерцитивна сила за намагніченістю, Н_{сj} – 380 кА/м; максимальна потужність, В_{Нmax} – 27 кДж/м³; максимальна робоча температура, Т_{max} – до 200 °С.

Конструкція установки забезпечує напруженості стаціонарного електричного та статичного магнітного полів електричної та магнітної систем [5]. В представленій моделі установки (рис. 1) напруженість полів забезпечується величиною підведеної електричної напруги, відстанню між електродами, властивостями постійних магнітів. У попередніх роботах [3,4] досліджувалась робоча конструкція для впливу електричним полем, яка складалась із системи паралельних електродів з підведенням електричної напруги. Вивчалися процеси розвитку томатів і огірків під дією статичного магнітного поля,

яке створювалось системою постійних магнітів. Магніти виготовлялись із круглих електродів і не мали функцій контролю та регулювання параметрів магнітного поля.

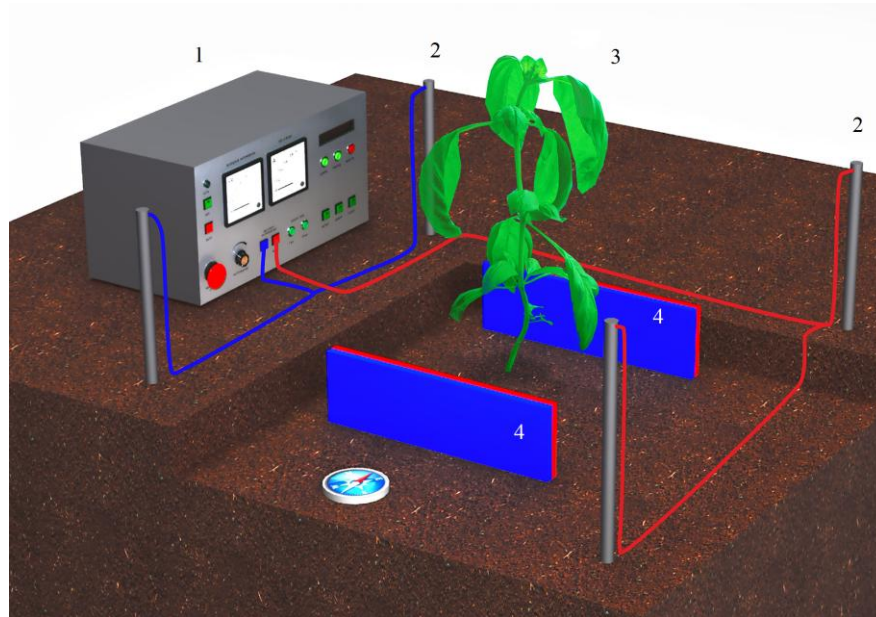


Рис.1. Модель електротехнічної установки:

1 - джерело постійного живлення; 2 – система електродів; 3 – рослинний об’єкт (базилік); 4 – пластини постійних магнітів.

На рис.2 представлена функційна схема електротехнічної та магнітної систем впливу на процеси розвитку тепличних культур. Використання даної схеми дає можливість візуалізації параметрів впливу, контролю та регулювання процесів розвитку рослинних об’єктів в тепличних умовах.



Рис.2. Функційна схема електротехнічної та магнітної систем впливу на процеси розвитку тепличних культур. Дослідження проводились в науково-дослідній лабораторії.

Об'єктом дослідження був базилік зелений сорту «Бадорьой». Для виявлення впливу розроблених композицій систем на показники розвитку рослин проводили такі дослідження: відбір і підготовку проб для аналізів згідно з ДСТУ ISO 874-2002 [12].

Математичну обробку результатів досліджень проводили за Б. А. Доспеховим [3], В. Ф. Моисейченко [8] та ін. і комп'ютерними програмами «Microsoft Office Excel 2007».

У першому наближенні з отриманих результатів видно, що за дії електричного та магнітного полів при максимальних значеннях напруженості гальмується синтез сухих речовин на 0,44 % (табл.1).

Таблиця 1 - Результати дослідження вмісту сухих речовин у рослинах базиліку під дією електричного і магнітного полів

Показник	Контроль, %	Дослід, %
Сухі речовини	7,4	6,96
Сухі розчинні речовини	3,4	2,4

Кількість сухих розчинних речовин знижується відносно контрольного варіанту у 1,4 разів. Таким чином, отримані результати свідчать про уповільнення метаболізму основних харчових речовин у рослинах (базилік).

З метою запобігання дії поля, що пригнічує розвиток рослин була розроблена функційна схема. Виходячи з вимог, що пред'являють до технологічного процесу вирощування рослин в теплиці з використанням додаткового електричного та магнітного полів, а також враховуючи прийняті рішення з автоматизації проведено розробку функційної схеми автоматизації, яка складена за допомогою умовних позначень згідно з ГОСТ 21.404-85. Позначено місця встановлення вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів. Крім вищезазначеного, на схемі вказані діапазони вимірювання контрольованих величин в ході технологічного процесу. Розшифрування інформаційно – технічного забезпечення представлено в табл. 2. Схема функційна автоматизації представлена на рис. 3.

Таблиця 2 - Параметри контролю та регулювання автоматизованої системи керування технологічним процесом вирощування тепличних культур

Номер адреси	Параметр контролю		регулювання	
	1			
2, 3				джерело постійного магнітного поля (постійний магніт) для створення напруженості магнітного поля $H = (1,5 \dots 4) 10^2 \text{ А/м}$
11	EE	Рівень напруженості електричного поля в ґрунті		
12	EE	Рівень напруженості магнітного поля в ґрунті		
13	TE	Температура в ґрунті		
14	RE	Освітленість в теплиці		
15	WE	Вологість ґрунту		
16	EE	Потенціал клітини рослини		
17	KE	Час експозиції електричного та магнітних полів		
18	SE	Температура навколишнього середовища теплиці		
19	WE	Вологість навколишнього середовища теплиці		

Примітка: Е – будь яка електрична величина.
Т – температура.
R – освітленість.
W – вологість.
K – час.

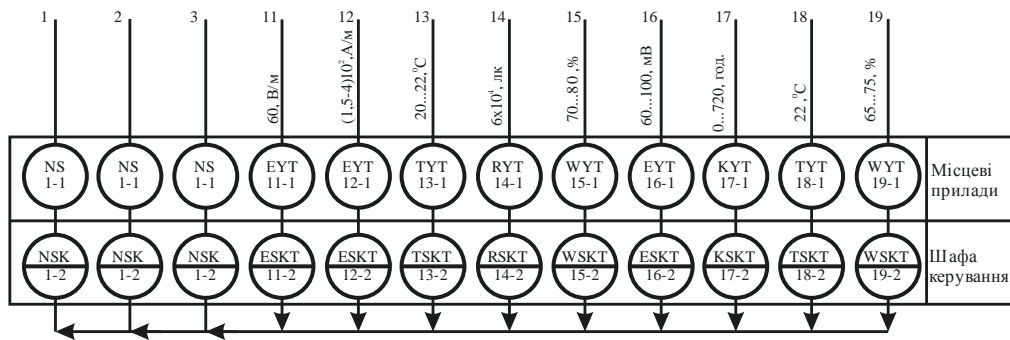
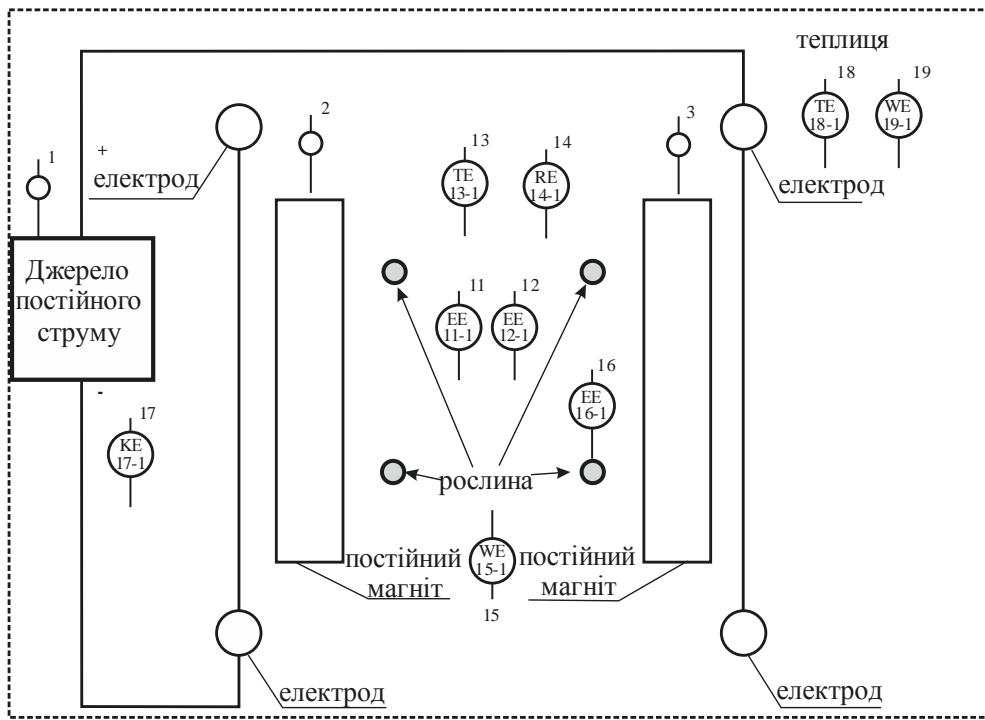


Рис. 3. Функційна схема автоматизації контролю та керування процесу вирощування тепличних культур

Обґрунтуванні параметри напруженості електричного та магнітного полів, конструктивне виконання елементів установки, контроль та регулювання у подальших дослідженнях дають можливість забезпечити ефективні умови розвитку рослин.

ВИСНОВКИ

Обґрунтовані залежності напруженості електричного поля, магнітного поля, термін експозиції, габарити магнітних пластин, діаметри та відстані між електродами та пластинами. Встановлені залежності $Q = f(\vec{E}, \vec{H}, t, l, (a \times b \times c), d)$ дозволяють отримувати ефективні режими розвитку тепличних культур. Також встановлено, що при величині напруженості магнітного поля більш ніж $H = 4 \cdot 10^2$ А/м у зоні розташування рослини відбувається уповільнення розвитку рослин. При цьому спостерігається зниження кількості сухих розчинних речовин у рослинах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизация и диспетчеризация. Каталог оборудования. – К.: ТОВ «ТЕРАІНТЕХ», 2013. - 66 с.
2. Воздействие стационарных электрических полей на семена и корневую систему сельскохозяйственных растений / Ю. Н. Куценко, В. Ф. Яковлев, Г. В. Степанчук, Е. П. Ключка // Вісник СНАУ. – 2012. – № 6(24).– С.112–116.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Куценко Ю. Н. Моделирование электрического поля в грунте, созданного системой заряженных металлических штырей /Ю. Н. Куценко // Вестник аграрной науки Дона. - 2013. – № 1(21). – С.54–62.
5. Куценко Ю. Н. Воздействие магнитного поля на ферромагнитные частицы в гетерогенной почвенной среде / Ю. Н. Куценко // Вісник Українського відділення міжнародної академії аграрної освіти. – Запоріжжя: НВК Інтер–М, 2013. – Вип. 1. – С. 148–157.
6. Куценко Ю. Н. Разработка установки для обработки в электрических и магнитных полях семян и корневой системы тепличных культур / Ю. Н. Куценко // Вісник ХНТУСГ. Технічні науки. – Харків, 2013. – Вип. 141. – С. 49–51.
7. Мусієнко М.М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М.М. Мусієнко, Т.В. Паршикова, П.С. Славний. – К.: Фітосоціоцентр. – 2001. – 200 с.

РОЗДІЛ 14.2
РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА
ЕЛЕКТРОННО-МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ І
ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АГРОТЕХНІЧНИХ ПАРКІВ

Етап 14.2.4 Проведення експериментальних досліджень з метою виявлення інформативних параметрів в процесі діагностичних можливостей розпізнавання стану працюючих масел і агрегатів машин

ВИКОНАВЕЦЬ

Канд. техн. наук, доцент

Кушлик Роман Васильович

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 14.2.4: 10 с., 4 рисунка, 4 посилання.

Об'єкт дослідження: Моторне масло сільськогосподарської техніки.

Мета роботи: обґрунтування методу для одночасного контролю вільної води і паливних фракцій в моторних маслах, а також розробка лабораторної ультразвукової установки для дослідження якості працюючих моторних масел сільськогосподарської техніки.

Методи досліджень: У процесі проведення теоретичних досліджень були застосовані методи математичного моделювання фізичних процесів; основні положення теорії акустичного поля; теорії ймовірності.

Для проведення експериментальних досліджень на кафедрі АЕП ТДАТУ розроблена лабораторна ультразвукова експериментальна установка, яка дозволяє проводити вимірювання швидкості і коефіцієнту поглинання ультразвуку в діапазоні 500-5000 Гц, при температурі зразків 20-60 °С в моторних маслах сільськогосподарської техніки. На основі проведених експериментальних досліджень отримано залежності коефіцієнта поглинання ультразвукових хвиль від часу і концентрації води та паливних фракцій.

Ключові слова – моторне масло, вода, паливні фракції, механічні домішки, швидкість ультразвуку, коефіцієнт поглинання.

ВСТУП

Базовою умовою підтримання високої зносостійкості вузлів тертя сучасних машин є застосування масла відповідного типу і марки. Проте в процесі використання воно піддається забрудненню в тій чи іншій степені водою і паливом, що обумовлює втрату маслом працездатності. В результаті активізується протизадирна присадка, яка знижує коефіцієнт тертя до штатного і, спасаючи вузли тертя від заїдання, викликає підвищену інтенсивність зносу робочих поверхонь деталей на 2 – 3 порядки [1].

Забезпечення працездатності масел в країнах Євросоюзу виконується застосуванням моніторингу їх стану на базі розвинутої мережі аналітичних лабораторій, що дозволяє попередити використання неякісних масел. В Україні такої сервісної мережі немає, а створення аналітичної лабораторії на підприємствах для проведення моніторингу якості масел недоступно навіть великим підприємствам. Це зв'язано з дуже високою працездатністю аналізів масел, дорогою апаратурою, витрат на матеріали і необхідності в висококваліфікованому персоналі.

Моніторинг стану масла на основі експрес-методів і портативних засобів доступний всім. Враховуючи суттєве збільшення цін нафтопродуктів на світовому ринку повторне використання відпрацьованого масла дозволить отримати значний економічний ефект.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

Програма експериментальних досліджень передбачає:

- дослідження впливу охолоджуючої рідини і палива на контрольний параметр в межах температур 20 – 60 °С, в діапазоні ультразвукових частот 500 – 5000 кГц, при концентрації в моторному маслі охолоджуючої рідини і палива в межах 0 – 2 мас. % ;
- обґрунтування інформативних параметрів.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виконання програми розроблена методика досліджень:

- підготовка проб по 200 мл з концентрацією охолоджуючої рідини і палива в моторному маслі 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 мас. %.
- проби перемішуються на протязі 5 хвилин;
- проводиться зборка вимірювальної камери і заповнення її певною пробою;
- камера з певною пробєю встановлювалась в термостат і термостатувалась до температури 20, 40, 60 °С;
- на експериментальній установці проводиться вимірювання часу проходження ультразвуку τ і амплітуди сигналу A при фіксованій температурі;
- проводиться розрахунок швидкості і коефіцієнта поглинання УЗ.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вимірювання швидкості і коефіцієнта поглинання ультразвуку використано відомий імпульсний метод „прямого відрахунку”, по часу проходження ультразвукового імпульсу в дослідному середовищі, який відрізняється від інших методів високою точністю, простотою реалізації в умовах нормального і високого тиску в автоматичному режимі вимірювання.

Згідно класичним представленням про розповсюдження ультразвуку в рідинах, поглинання обумовлюється втратами акустичної енергії, яке визвано в'язкістю і теплопровідністю рідини. Коефіцієнт поглинання ультразвуку α при цьому визначається виразом [2]:

$$\alpha = (\alpha_{\eta} + \alpha_K) \cdot f^2 = \frac{2\pi^2}{\rho \tilde{n}^3} \left[\frac{4}{3} \eta + \hat{E} \left(\frac{1}{\tilde{N}_v} - \frac{1}{C_p} \right) \right] f^2, \quad (1)$$

де α_{η} і α_K – коефіцієнти, які визначаються в'язкістю і теплопровідністю рідини;

ρ – щільність рідини;

c – швидкість ультразвуку;

η – коефіцієнт зсувної в'язкості;

K – коефіцієнт теплопровідності;

C_v і C_p – коефіцієнти питомої теплоємності;

f – частота ультразвукових коливань.

Для розрахунку коефіцієнту поглинання α в моторних маслах імпульсним методом, згідно рис.1 для дослідної установки і вимірювальної камери проводились вимірювання амплітуди U в мВ по висоті першого сигналу, яка визначалась за виразом:

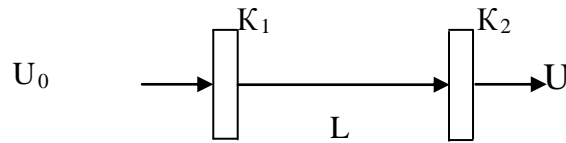


Рис. 1. Схема акустичного тракту для розрахунку коефіцієнта поглинання ультразвуку в рідинах

$$U = U_0 K_1 e^{-\alpha L} \cdot K_2 \quad (2)$$

Якщо прологарифмувати напругу амплітуд, то отримаємо:

$$\ln U = \ln U_0 K_1 \cdot K_2 - \alpha L \quad (3)$$

Звідси

$$\alpha = \frac{\ln U_0 K_1 \cdot K_2 - \ln U}{L_с + L_n}, \quad (4)$$

де $\ln U_0 K_1 \cdot K_2 = K$ - величина постійна для даної установки, при вимірюванні коефіцієнту поглинання в моторних маслах при заданій частоті ультразвуку, величині акустичної бази камери й коефіцієнту підсилення сигналу;

$L_с$ – акустична база камери;

L_n – змінена акустична база камери.

При проведенні експериментальних досліджень по визначенню паливних фракцій і вільної води в моторних маслах постійна K визначалась шляхом градування з використанням еталонних рідин (дистильованої води і гліцерину) наступним чином:

Коефіцієнт поглинання для еталонної рідини

$$\alpha_{ет} = \frac{K - \ln U_{ет}}{L}, \quad (5)$$

Звідси K для еталонної рідини дорівнює

$$K = \alpha_{ет} \cdot L + \ln U_{ет} \quad (6)$$

Так як середнє значення для $\alpha_{води}$ при температурі 20°C складає $25 \cdot 10^{-17} \text{ c}^2/\text{cm}$ [2], то коефіцієнт поглинання для води складе:

$$\alpha_{води} = \frac{\alpha_{ет}}{f^2} \cdot f^2 = 25 \cdot 10^{-17} \text{ c}^2/\text{cm} \quad (7)$$

Для дистильованої води на частоті ультразвуку 3 МГц постійна K буде дорівнювати:

$$\alpha_{води} = 25 \cdot 10^{-17} \cdot 3^2 \cdot 10^{12} = 0,00225 \text{ cm}^{-1}$$

$$K_{води} = 0,0025 \cdot 10,2 + \ln 2150 = 7,695$$

Середнє значення для $\alpha_{гліцерину}$ при температурі 20°C складає $2500 \cdot 10^{-17} \text{ c}^2/\text{cm}$ [2], то коефіцієнт поглинання для гліцерину складе:

$$\alpha_{гл.} = \frac{\alpha_{ет}}{f^2} \cdot f^2 = 2500 \cdot 10^{-17} \text{ c}^2/\text{cm} \quad (8)$$

Для гліцерину на частоті ультразвуку 3 МГц постійна K буде дорівнювати:

$$\alpha_{\text{глиц.}} = 2500 \cdot 10^{-17} \cdot 3^2 \cdot 10^{12} = 0,225 \text{ см}^{-1}$$

$$K_{\text{глиц.}} = 0,225 \cdot 10,2 + \ln 1100 = 9,295$$

Для встановлення впливу температури, частоти і концентрації палива на вихідний параметр (коефіцієнт поглинання) було проведено трьох факторний експеримент на моторному маслі М10-Г2_к. Були вибрані наступні значення фактори і їх інтервали варіювання, які представлені в таблиці 1 [3]:

Таблиця 1- Інтервали варіювання

Фактори	Значення рівнів			Інтервал варіювання
	-1	0	+1	
X ₁ – частота, МГц	1	3	5	2
X ₂ – температура, °С	20	40	60	20
X ₃ – концентрація, мас.%	0	2	4	2

На основі проведених вимірювань коефіцієнта поглинання ультразвуку було отримано рівняння регресії для моторного масла М10-Г2_к

$$y = 0,04 + 0,013X_1 - 0,007X_2 + 0,0053X_1X_2 \quad (9)$$

Із даного рівняння слідує, що коефіцієнт поглинання при вимірюванні паливних фракцій в моторному маслі переважно залежить від частоти ультразвуку, температури і взаємозв'язку між частотою і температурою.

Перевірка за допомогою критерію Фішера показала, що отримана модель є адекватною і дозволяє прогнозувати значення вихідного параметру при різних сполученнях впливових факторів.

Далі були проведені більш детальні експериментальні дослідження моторного масла М10-Г2_к з концентраціями палива і вільної води 0, 1, 2, 3, 4, 5 мас.% при температурах 20°С, 40°С, 60°С на частоті ультразвуку 3 МГц.

На рис.2 представлені залежності коефіцієнта поглинання ультразвуку від часу з концентрацією води 0; 1,0; 2,0 мас.% і палива 0; 1,0; 2,0 мас.% в моторному маслі М10-Г2_к при температурі 20°С. На протязі часу значення α зменшується до деякого встановленого значення, що пояснюється виділенням повітряних бульбашок, які утворились при перемішуванні, які в свою чергу суттєво впливають на величину коефіцієнта поглинання. Однак, при збільшенні води в моторному маслі криві залежностей зміщуються вправо від кривої чистого масла, а при збільшенні дизельного палива криві залежностей зміщуються вліво від кривої чистого масла [4].

Отже про наявність води чи паливних фракцій в працюючих моторних маслах, очищених від нерозчинних в бензині домішок можна судити по характеру залежності коефіцієнта поглинання від часу з використанням передчасно проведених тарованих вимірювань з відомою концентрацією води і паливних фракцій.

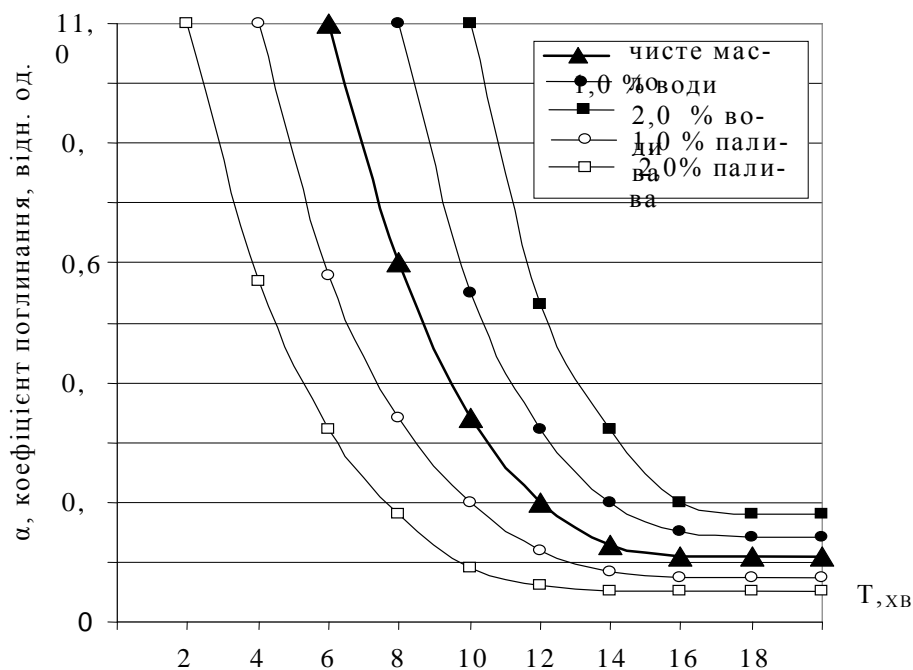


Рис. 2 - Залежність коефіцієнту поглинання ультразвуку від часу при різній концентрації води і палива в моторному маслі

На рис. 3 представлено залежності встановленого значення коефіцієнта поглинання ультразвуку від концентрації води при температурах зразків 20, 40 і 60 С⁰. Аналізуючи дані криві можна зробити висновок про збільшення встановленого значення α на величину порядку 20% [5].

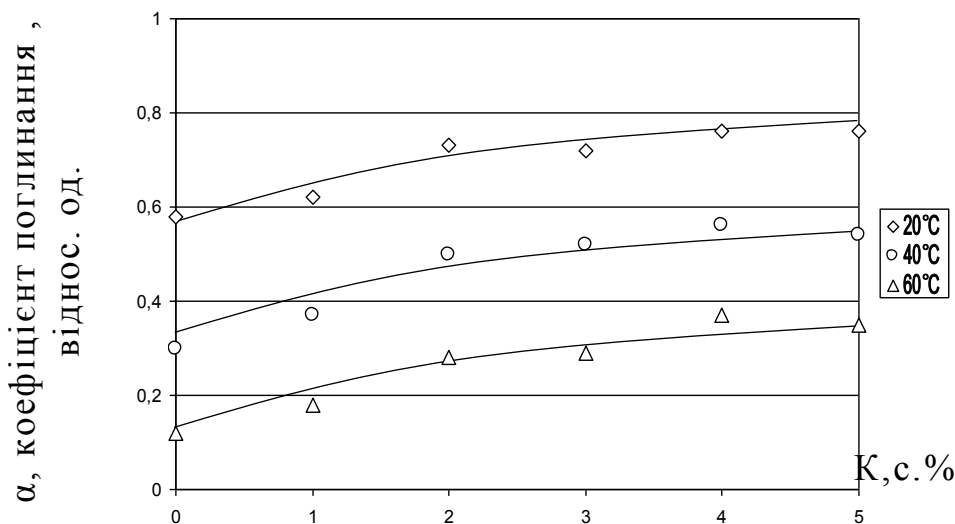


Рис.3. Залежність коефіцієнту поглинання ультразвуку від концентрації води в моторному маслі М10-Г2_к при температурах зразків 20, 40, 60 С⁰.

На рис.4 представлені залежності встановленого значення коефіцієнта поглинання ультразвуку від концентрації палива при температурах зразків 20, 40 і 60 С⁰. Аналізуючи дані криві можна зробити висновок про зменшення встановленого значення α , що пояснюється зменшенням в'язкості моторного масла при попаданні в нього палива [5].

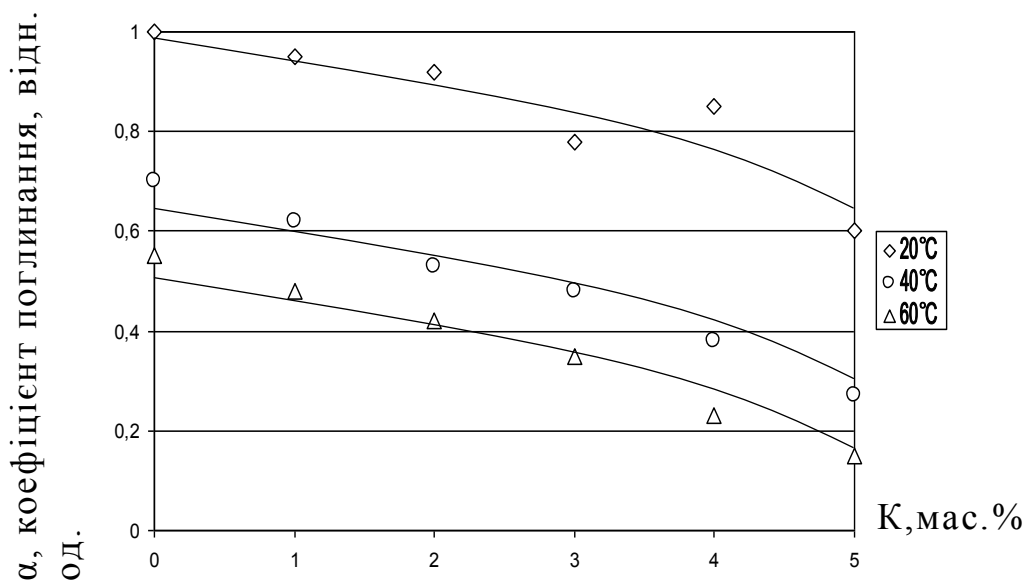


Рис. 4 - Залежність коефіцієнту поглинання ультразвуку від концентрації палива в моторному маслі М10-Г2_к при температурах зразків 20, 40, 60 °С.

Для контролю механічних домішок в моторних маслах в даний час використовують тверді забруднювачі, що створює при їх диспергуванні фізико-хімічну проблему. Для вирішення такої ситуації, висувається робоча гіпотеза про можливість виявлення фактичного рівня механічних домішок в моторних маслах із застосуванням рідкого забруднювача.

ВИСНОВКИ

На основі проведених експериментальних досліджень, які представлені вище, можна зробити наступні висновки:

- отримано залежності коефіцієнта поглинання ультразвукових хвиль від часу і концентрації води та паливних фракцій;
- із збільшенням концентрації палива в маслі при фіксованій частоті і температурі коефіцієнт поглинання ультразвуку зменшується, а при збільшенні концентрації води в маслі при фіксованій частоті і температурі коефіцієнт поглинання ультразвуку зростає;
- сумарна похибка при вимірюванні коефіцієнта поглинання на експериментальній установці склала 2 %;
- отримані дані можуть бути використані при розробці акустичного приладу для контролю води і паливних фракцій в моторних маслах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Скиндер Н.И., Гурьянов Ю.А. О необходимости систематического контроля качества работающих моторных масел // Химия и технология топлив и масел. – 2003. - №5.-С. 28-30.
2. Бражников Н.И. Ультразвуковые методы (Физические и физико-химические методы контроля состава и свойств вещества под общей редакцией академика АН Киргизской ССР Н.Н Шумиловского).- М.: «Энергия» 1965. - 248 с.
3. Богданович Н.И. Расчеты в планировании эксперимента. – Л.: 1978. – 80 с.
4. Пат. 27720 Україна, МПК (2006) G01N33/26. Спосіб визначення забрудненості відпрацьованого моторного масла/ Кушлик Р.В., Яковлев В.Ф., Микитенко О.В., Кушлик Р.Р.; Укр.- № и2007 07700; Заяв.09.07.2007. Опубл.12.11.2007. Бюл. №18
5. Кушлик Р.В., Стьопін Ю.О., Кушлик Р.Р. Обґрунтування необхідного і достатнього комплексу експрес-методів для достовірного розпізнавання стану працюючих моторних олів с.г. техніки. / Науковий журнал Національного університету біоресурсів і природокористування України «Енергетика і автотематика». Київ, НУБІП №3, 2014.- 76-80с.

РОЗДІЛ 14.2
РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА
ЕЛЕКТРОННО-МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ПРИБОРІВ ДЛЯ
АГРОТЕХНІЧНИХ ПАРКІВ

Етап 14.2.4 Виготовлення та дослідження джерела НВЧ випромінювання

ВИКОНАВЕЦЬ

Асистент

Вужицький Анатолій Вікторович

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР 14.2.4: 10 с., 7 рисунків, 1 таблиця, 4 посилання.

Об'єкт дослідження: Процеси впливу електромагнітного випромінювання на життєдіяльність личинок комах-шкідників кореневої системи рослин.

Мета роботи: створення енергозберігаючої, екологічно чистої і ефективної електромагнітної біотехнології для знищення комах-шкідників кореневої системи плодівих культур

Методи досліджень: Для виконання програми досліджень розроблена експериментальна СВЧ установка, підібрані технічні засоби та методика вимірювання параметрів ґрунту при НВЧ нагріванні, описана методика проведення лабораторних досліджень, проведено аналіз лабораторних досліджень по СВЧ нагріву ґрунту.

Ключові слова: плодіві культур, комахи-шкідники, коренева система, майський хрущ, ґрунт, надвисокочастотна енергія, електромагнітна хвиля, провідності, діелектрична проникність..

ВСТУП

В сільськогосподарському виробництві України важливе місце займає садівництво, так як фрукти та ягоди мають речовини для організму людини: вітаміни, органічні мікроелементи та інші. Тому з розвитком інтенсивного садівництва зростають вимоги щодо захисту кореневої системи плодкових культур від комах-шкідників, так як коренева система впливає на якість та кількість врожаю.

Серед сільськогосподарських шкідників велику групу складають ґрунтові шкідники (личинки хрущів, щелкунів, чернотюлок та інші, що пошкоджують кореневу систему саджанців плодкових культур. Самими шкідливими для кореневої системи є личинки хрущів. Хрущі об'їдають або зовсім перегризають коріння, в результаті чого рослина гине, а більш старші уповільнюють ріст рослини і призводять до їх засихання. Несвоєчасне проведення агроприємств щодо захисту кореневої системи саджанців плодкових культур приводить їх до загибелі до 50 %.

В даний час втрати від шкідників оцінюються в 29,7 млн. дол., або 13,8 % від потенційного урожаю кожного року. В даний час в садах України для знешкодження ґрунтових комах застосовують тільки хімічні препарати. Застосування хімічних препаратів визиває об'єднання біоценозів, забруднення біосфери появі стійкості до пестицидів шкідників підвищення плодovitості окремих видів шкідників. Хімічні препарати, що потрапляють в організм людини через фрукти та ягоди, знижують імунітет, вражають печінку та інші органи, що приводить до різних захворювань та ранньому старінню.

Наукові та практичні дослідження останніх років показують, що альтернативою хімічному методу захисту рослин може бути метод на основі екологічно безпечної та ефективною електромагнітної технології. Пригнічення шкідників в ґрунті електромагнітним випромінюванням зв'язаним не тільки з процесом збільшення швидкості наростання температури в об'єкті, але і з інформаційною дією електромагнітного поля на мембрани клітин шкідників.

Практичні результати показують, що при визначених параметрах електромагнітного поля (частоти слідування імпульсів, скважності, потужності, частоти заповнення імпульсів, експозиція) може відбуватися руйнування кліткових мембран і загибелі личинок шкідників в ґрунті. В той же час проведений аналіз літературних джерел показує, що в них недостатньо вивчене питання створення моделі, що може дати аналітичний опис процесів, що відбуваються в комах-шкідників кореневої системи плодкових культур, відсутня методологія визначення численних значень біотропних параметрів електромагнітного поля недостатньо проведені дослідження по створенню джерел електромагнітного поля. Таким чином, дослідження в розробці методу електромагнітної біотехнології і електронних систем для знешкодження личинок комах шкідників кореневої системи саджанців плодово-ягідних культур являється безперечно актуальною задачею.

1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1.1 Експериментальна НВЧ-установка
- 1.2 Технічні засоби та методика вимірювання параметрів ґрунту при НВЧ нагріванні
- 1.3 Методика проведення лабораторних досліджень
- 1.4 Результати лабораторних досліджень по НВЧ-нагріву ґрунту

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виконання програми досліджень розроблена експериментальна НВЧ установка, підібрані технічні засоби та методика вимірювання параметрів ґрунту при НВЧ нагріванні, описана методика проведення лабораторних досліджень, проведено аналіз лабораторних досліджень по СВЧ нагріву ґрунту.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Експериментальна НВЧ-установка

Експериментальне дослідження з оцінки впливу мікрохвильової енергії на личинок травневого хруща проводилося на установці НВЧ непереривного випромінювання з потужністю 0,5 кВт і частотою випромінювання 2450 ± 50 МГц. Структурна схема НВЧ-установки показана на рисунку 1. Личинки травневого хруща опромінювались в радіогерметичній камері. При цьому втрати СВЧ-енергії в навколишній простір виключалися, і, отже, основна частина СВЧ-потужності поглиналася в ґрунті.

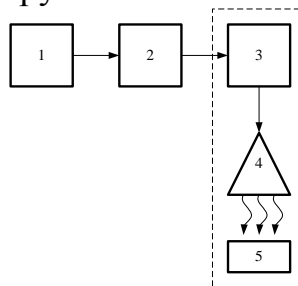


Рис. 1. Структурна схема НВЧ-установки: 1 - блок управління; 2 - блок живлення магнетрона; 3 - магнетрон; 4 - випромінювач; 5 - об'єкт, що опромінюється

3.2 Технічні засоби та методика вимірювання параметрів ґрунту при НВЧ нагріванні

Загальний вигляд установки наведено на рисунку 2. Установка, включає в себе СВЧ модуль, камеру для дослідження, щит контрольно-вимірювальних приладів.

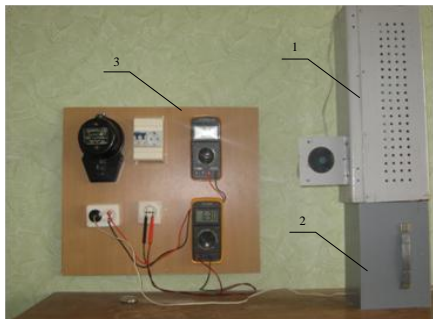


Рис. 2 - Загальний вигляд лабораторної установки: 1 - СВЧ модуль; 2 - камера для дослідження; 3 - щит контрольно-вимірювальних приладів

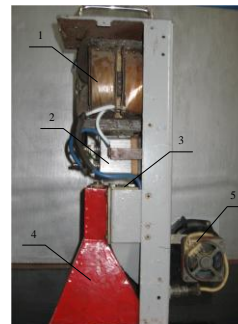


Рис. 5 - Загальний вигляд СВЧ модуля: 1 - трансформатор живлення магнетрона, 2 - конденсатор, 3 - магнетрон, 4 - рупорна антена; 5 - вентилятор охолодження магнетрона.



Рис.3 - Загальний вигляд камери для дослідження: 1 - ґрунт; 2 - термометри; 3 - камера для дослідження



Рис.4 - Зовнішній вигляд вологоміра ґрунту МГ-44

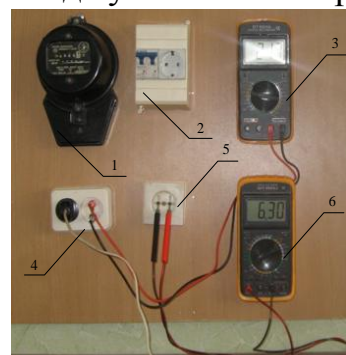


Рис.6 - Зовнішній вигляд щита контрольно вимірювальних приладів: 1 - лічильник обліку електроенергії; 2 - автоматичний вимикач (подача напруги на схему); 3 - мультиметр цифровий (включений для вимірювання напруги); 4 - розетка для включення СВЧ модуля і вольтметра; 5 - розетка для включення амперметра; 6 - мультиметр цифровий (включений для вимірювання струму)

Для вимірювання температури використовувався технічний гасовий термометр ТТЖ-М1 з діапазоном вимірювання від 0 до +200 °С і ціною поділки 2 °С ГОСТ 1224. (ГОСТ2823-73) Похибка 1 %. + - 0,4 °С Термометри знаходилися в камері для дослідження протягом усього часу експерименту.

Для проведення досліджень ґрунт засипали в камеру для дослідження, зверху на камеру встановлювався СВЧ модуль ($P_n = 0,7$ кВт, $f = 2,45$ ГГц).

Для контролю вологості ґрунту використовували вологомір ґрунту мг-44, який представлений на рисунку 4.

Прилад МГ-44 має такі технічні характеристики:

Діапазон вимірюваної приладом відносній вологості ґрунту, %: 1...100

Час встановлення робочого режиму, з: 3

Час одиничного вимірювання, сек. не більше: 3

Зміна показань приладу від зміни температури навколишнього повітря на кожні 10°C відносно нормальної (20°C), в межах від $+1^\circ\text{C}$ до $+40^\circ\text{C}$, не перевищує 0,2 значення основної абсолютної похибки.

Електрична потужність приладу, не більше $0,1$ В · А.

Межа основної абсолютної похибки у всьому діапазоні вимірювання вологості, %: 1 (в зазначену похибка укладається 90 % вимірів).

3.3 Методика проведення лабораторних досліджень

Експериментальні дослідження з вимірювання кінетики нагрівання й охолодження ґрунту і кінцевої температури личинок травневого хруща. НВЧ нагрів личинки діаметром 15 ± 1 мм довжиною 58 ± 1 мм і масою 9 ± 1 г проводили в експериментальній камері розміром $160 \times 185 \times 270$ мм при частоті електромагнітної хвилі 2450 ± 50 МГц.

При проведенні безпосередніх вимірювань температури нагріву ґрунту НВЧ полі динаміку нагріву визначали включенням джерела на певний час, (контрольоване за секундоміром «Агат»).

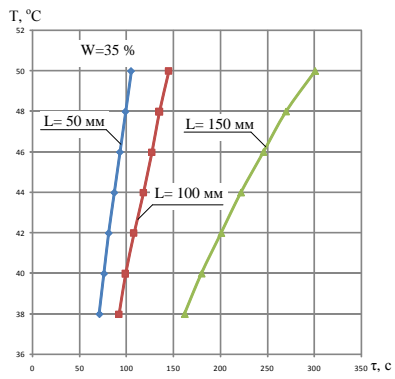
Діапазон вимірювань за часом в експерименті при НВЧ нагріванні складав від 10 с до 70 с. Початкова температура ґрунту $18 \pm 1^\circ\text{C}$. Температура навколишнього повітря $18 \pm 1^\circ\text{C}$. Стан повітряного середовища спокійне. Питома поглинається в личинці СВЧ потужність в експерименті становила $1,52 \pm 0,05$ кВт / кг. Вимірювання температурного поля проводилося в контрольних точках на глибині 50 мм, 100 мм, 150 мм.

3.4 Результати лабораторних досліджень по СВЧ нагріву ґрунту

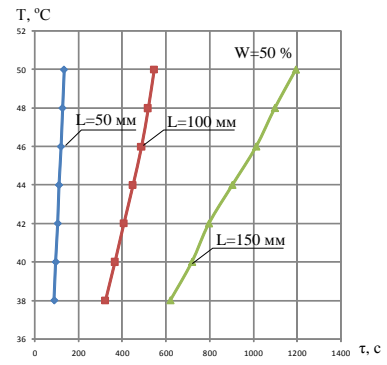
Було проведено експериментальні дослідження з НВЧ обробки ґрунту в лабораторних умовах. Вологість змінювалася від 35 до 65 % в процесі нагрівання вимірювали час і кінцева температура нагріву результати досліджень наведено в таблиці 1 кінетика процесу нагрівання показано на малюнку 7.

Таблиця 1 - Результати експериментальних досліджень НВЧ нагріву ґрунту

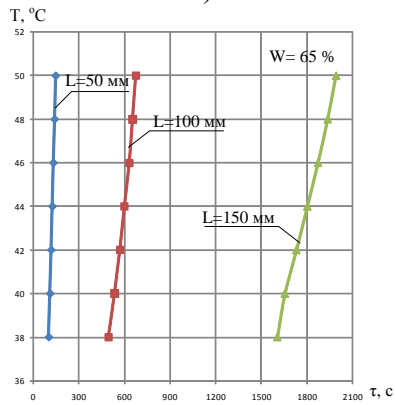
Температура ґрунту, °С	Час нагрівання, с								
	глибина, мм			глибина, мм			глибина, мм		
	50	100	150	50	100	150	50	100	150
	волога %			волога %			волога %		
	35	50	65	35	50	65	35	50	65
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	12	17	25	19	66	66	28	68	116
22	22	28	37	29	91	91	42	126	218
24	30	37	44	37	115	115	55	179	354
26	36	46	53	46	136	136	67	238	519
28	43	53	61	53	159	159	85	304	755
30	49	60	70	61	190	299	97	361	949
32	54	67	79	68	214	353	113	430	1107
34	59	73	86	76	252	409	127	479	1277
36	66	83	93	84	283	457	144	552	1462
38	71	89	101	92	322	494	162	619	1605
40	76	96	109	99	365	534	180	718	1654
42	81	105	117	108	406	569	201	795	1730
44	87	111	124	118	448	599	222	902	1802
46	93	120	131	127	487	631	246	1011	1872
48	99	127	139	135	518	652	270	1096	1936
50	105	134	146	145	545	673	301	1192	1991



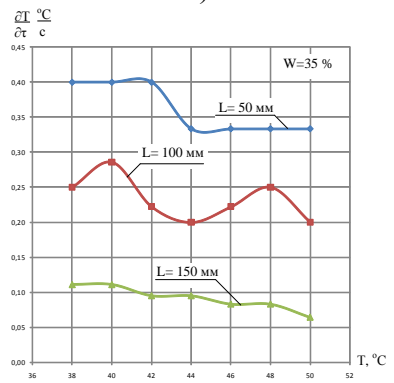
а)



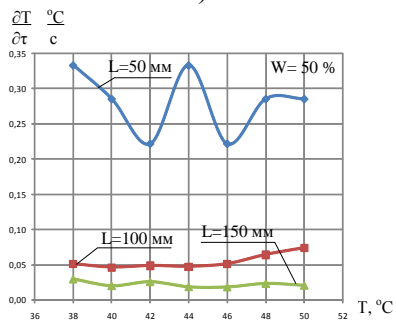
б)



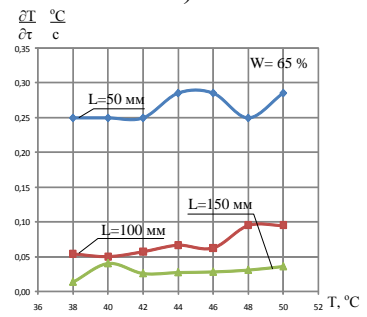
в)



г)



д)



ж)

Рис. 7 - Экспериментальные кривые НВЧ нагрева в разных точках грунта

ВИСНОВКИ

Аналіз рисунку 7а показує що нагрівання ґрунту при вологості 35 % на глибині 50 і 100 мм відбувається практично однаково час нагріву ґрунту при досягненні температури 50 °С становить 105 с і 145 с відповідно, а нагрів на глибині 150 мм для досягнення відповідної температури триває протягом 301 с.

Аналіз рисунку 7б що нагрівання ґрунту при вологості 50 % до температури 50 °С на різній глибині значно відрізняються відповідно при 50, 100, 150 мм складає 134 с, 545 с, і 1192 с.

Аналіз рисунку 7в що нагрівання ґрунту при вологості 65 % до температури 50 °С на різній глибині значно відрізняються відповідно при 50, 100, 150 мм складає 146 с, 673 с, і 1991 с.

З аналізу рисунків 7а,б, в видно що нагрівання ґрунту на різній глибині відбувається по різному: на глибині 50 мм температура нагріву знаходиться в межах 105 ... 146 с; на глибині 100 мм температура нагріву знаходиться в межах 145 ... 673 с; на глибині 150 мм температура нагріву знаходиться в межах 301 ... 1991.

З рисунку 7д,г,ж видно що швидкість нагріву при вологості:

35% і глибині до 100 мм складає від 0,2 ... 0,4 °С / с.

50% і глибині до 50 мм становить від 0,2 ... 0,35 °С / с.

65% і глибині до 50 мм становить від 0,25 ... 0,3 °С / с.

35% і глибині від 100 до 150 мм складає від 0,1 ... 0,05 °С / с.

50% і глибині від 50 до 150 мм складає від 0,02 ... 0,05 °С / с.

65% і глибині від 50 до 150 мм складає від 0,01 ... 0,1 °С / с.

В цілому можна зробити висновок, що для СВЧ обробки ґрунту від травневого хруща цілком підходить дозволена для використання в промисловості і в народному господарстві частота 2450 МГц.

Слід зауважити також, що наведені вище дослідження відображають тільки одну - електродинамічну сторону обробки. Але якщо виходити з теплової гіпотези СВЧ знищення травневого хруща необхідно враховувати, що швидкість нагріву об'єкта і кінцеві температури його нагріву будуть залежати також від розмірів нагрівається об'єкта, його теплофізичних параметрів і умов тепловіддачі на його поверхні. Крім цього важливими факторами є такі, як рівень випромінюваної потужності СВЧ джерела, а також біорезистентність (стійкість) жука до впливу електромагнітного поля і до дії високих температур. Можна припустити, що летальну вплив буде наступати при температурах перевищують температуру денатурації білка (42 °С).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вужицкий А.В. Модель процесса СВЧ обработки почвы от майского хруща / А.В. Вужицкий // Материалы международной научно-производственной конференции «Современные проблемы инновационного развития агроинженерии» - 2012 Часть 1. – Белгород, 2012. - С.155-158.
2. Вужицкий А.В. Анализ методов и электрофизических устройств для уничтожении прикорневых вредителей в садоводстве / А.В. Вужицкий Ю.Н. Куценко // вестник аграрной науки Дона: теор. и науч.-прак. журнал. – Зерноград, 2012. - №2(18). – С. 47-53.
3. Вужицкий А.В. Анализ численного эксперимента распространения ЭМВ в почве / А.В. Вужицкий // Материалы международной научно-производственной конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития животноводства» - 2013. – Белгород, 2012. - С.76-77.
4. Бородин И. Ф. Применение СВЧ-энергии в сельском хозяйстве / И.Ф. Бородин, Г. А. Шарков, А. Д. Горин. – М.: Агропром, 1987, 1987. – 56 с.