

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Петровський Олександр Миколайович

УДК 631.53.027.34

**БІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ПЕРЕДПОСІВНОГО ОПРОМІНЕННЯ
НАСІННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ ВИСОКОЧАСТОТНОГО
ДІАПАЗОНУ**

Спеціальність 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Полтавській державній аграрній академії на кафедрі фізики, автоматизації та механізації виробничих процесів. Міністерство аграрної політики та продовольства України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Смердов Андрій Андрійович,
Полтавська державна аграрна академія,
завідувач кафедри фізики, автоматизації та
механізації виробничих процесів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Злепко Сергій Макарович,
Вінницький національний технічний
університет, завідувач кафедри проектування
медико-біологічної апаратури

доктор технічних наук, професор
Лисенко Олександр Миколайович,
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний інститут»,
завідувач кафедри конструювання
електронно-обчислювальної апаратури

Захист відбудеться «__» грудня 2014 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.19 у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, м. Київ-056, проспект Перемоги, 37, корп. 12, ауд. № 412.

Із дисертацією можна ознайомитися в науково-технічній бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, м. Київ-056, проспект Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «__» листопада 2014 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



В. Б. Швайченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищення урожайності сільськогосподарських культур, виробництво достатньої кількості екологічно чистої сільськогосподарської продукції є вкрай важливими питаннями як в Україні, так і в усьому світі. Проблема росту населення планети вимагає збільшення виробництва продуктів харчування в умовах постійного зменшення придатних сільськогосподарських угідь. Значна частка продукції рослинництва (близько 25–30 %) втрачається за рахунок неякісного посівного насіння. Понад 30 % посівного матеріалу є непридатним для сівби за рахунок низької схожості і недостатньої енергії проростання. Часткове вирішення цієї проблеми полягає у впровадженні сучасних, економічно вигідних, енергозберігаючих, екологічно безпечних технологій передпосівної стимуляції насіння.

Наразі існує досить багато методів впливу на посівний матеріал. Одним із них є опромінення насіння сільськогосподарських культур височастотним електромагнітним полем. Таке опромінення позитивно впливає на схожість і ріст рослин. Рання схожість насіння, у свою чергу, призводить до зменшення часу вегетації рослин, а стимуляція обмінних процесів дозволяє одержувати гарно розвинені рослини, що в кінцевому підсумку забезпечує збільшення врожаю і одержання його в скорочені строки. Електромагнітна стимуляція дозволяє не використовувати хімічні стимулятори росту, що позитивно позначається на екологічній чистоті вихідної продукції і довкілля.

Незважаючи на ряд переваг, технології передпосівної стимуляції насіння електромагнітним полем не набули широкого вжитку. Насамперед це пов'язано з відсутністю вітчизняного промислового обладнання. Експериментальне обладнання відзначається великою вартістю та складнощами в експлуатації. Також не до кінця зрозумілими є процеси, що відбуваються в насінні під час опромінення. Ґрунтовно не вивчені зміни біологічних і фізичних властивостей на різних структурних рівнях біологічного об'єкту, спричинені електромагнітним випромінюванням.

Окремим питанням впливу електромагнітних полів, розроблення обладнання і технологій передпосівної стимуляції насіння присвячені роботи відомих вчених: Е. Л. Піротті, А. С. Черепньова, Л. Є. Нікіфорової, Н. Г. Косуліної, А. Д. Черенкова, Н. Д. Девяткова, В. Н. Шмигеля та інших.

Однак у наукових працях цих авторів та інших вчених розглядається функціонування лише окремих експериментальних установок та їх вузлів при роботі з насінням певного виду і не розроблено універсальної технології для різних видів і сортів.

Тому розробка нових та удосконалення існуючих методів і засобів передпосівної стимуляції насіння ВЧ електромагнітним полем, які були б універсальними, доступними за ціною, конструктивно і технологічно простими,

екологічно чистими, представляє собою актуальну, важливу, складну науково-практичну задачу, вирішення якої покращить процес виробництва продукції рослинництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тема дисертаційної роботи пов'язана із загальнодержавними Українськими науковими програмами: державною науково-технічною програмою ДНТП-12 «Енерго- та ресурсозберігаючі технології в сільськогосподарському виробництві», затвердженою Постановою Кабінету Міністрів України від 24.12.2001 р.; програмою №1716 «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та аграрному комплексі на 2002–2008 роки».

Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі фізики, автоматизації та механізації виробничих процесів ПДАА згідно з планами дослідження за темою НДР: «Розробка технічних засобів передпосівного опромінення насіння електромагнітним полем та їх експериментально-виробничі дослідження» (номер держреєстрації ДР 0113U003765 термін виконання 2013 – 2014 роки).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення урожайності зернових та овочевих культур шляхом створення і впровадження біотехнічної системи передпосівного опромінення насіння електромагнітним полем високочастотного діапазону.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз сучасних методів і засобів передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур;
- розробити фізико-математичну модель теплового розігріву насіння при його опроміненні електромагнітним полем;
- теоретично обґрунтувати та дослідити зміну електричних властивостей насіння під впливом високочастотного опромінення;
- розробити технологічно простий, екологічно безпечний і економічно вигідний метод передпосівного опромінення насіння високочастотним електромагнітним полем;
- розробити і створити біотехнічну систему передпосівного опромінення насіння електромагнітним полем високочастотного діапазону;
- провести експериментальні і польові випробування біотехнічної системи опромінення насіння електромагнітним полем.

Об'єктом дослідження є процеси, що відбуваються під час проростання та росту сільськогосподарських культур під впливом передпосівної обробки насіння високочастотним електромагнітним полем.

Предметом дослідження є параметри процесів та біотехнічна система передпосівного опромінення насіння електромагнітним полем високочастотного діапазону.

Методи дослідження. В процесі дисертаційного дослідження для побудови теплової моделі нагрівання насіння в процесі його опромінення було використано рівняння теплопровідності Фур'є, методи фізичного, електричного і математичного моделювання процесу зміни електричних параметрів насіння, статистичні методи обробки результатів експериментальних досліджень та наукових випробувань.

Достовірність наукових положень встановлювалася на основі відповідності результатів теоретичних досліджень (математичних моделювань та обчислень) результатам експериментів та випробувань.

Проведення обчислень та обробка експериментальних даних виконувалися за допомогою програмних засобів Excel 2003, SkayLab, MathCAD 2008, STATISTIKA 6.1.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- подальшого розвитку отримав метод передпосівної стимуляції насіння в частині визначення діапазону електромагнітних коливань, в якому активність обмінних процесів максимальна, що дозволило одержати більшу кількість екологічно чистої продукції рослинництва без використання хімічних та біологічних стимуляторів росту;

- удосконалено математичну модель розподілу температур у шарі насипного насіння під час опромінення його високочастотним електромагнітним полем у частині врахування залежності між геометричними параметрами опромінювача, його вихідною потужністю, часом опромінення та біофізичними властивостями насіння, що дозволило провести моделювання об'єкту досліджень і визначити необхідні технічні параметри обладнання;

- експериментальним шляхом встановлено, що обробка насіння високочастотним електромагнітним полем призводить до поступового об'ємного нагрівання, зменшення електричного опору в широкому діапазоні та збільшення дисперсії опору, внаслідок чого прискорюються обмінні процеси в насінні та запускається процес проростання;

- показано, що внаслідок високочастотної електромагнітної стимуляції покращується процес поглинання води і поживних речовин, на 20–27 % підвищується схожість, на 17–22 % – енергія росту. Як наслідок, зменшується час вегетації рослин і на 18–24 % підвищується врожайність.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

1. Розроблено структуру біотехнічної системи опромінення насіння, що дало змогу реалізувати конструктивні і схемотехнічні рішення та створити на їх основі апарат, який дозволяє опромінювати насіння різних видів рослин електромагнітним полем високочастотного діапазону безперервним синусоїдальним сигналом із частотою 27,12 МГц, вихідною потужністю 20–60 Вт.

2. Впроваджено біотехнічну систему, що дозволило запровадити на її основі ефективну, екологічно безпечну і енергозберігаючу технологію передпосівного

опромінення насіння, застосування якої дозволяє підвищити схожість насіння, покращити енергію росту рослин і, як наслідок, збільшити врожайність.

3. Запропоновано рекомендації щодо режимів обробки насіння (вихідної потужності системи, температури нагрівання, маси, тривалості опромінення), що дозволило оптимізувати процес стимуляції.

4. Розроблено систему автоматичного підстроювання частоти і екранування бункера-опромінювача, що дозволило підвищити ефективність використання енергії і забезпечити захищеність обслуговуючого персоналу.

Результати дисертаційної роботи впроваджені і використані в науково-дослідній роботі Полтавської державної аграрної академії, тему якої наведено вище: створено діючий апарат для стимуляції насіння, розроблено систему для визначення біофізичних властивостей насіння, проведено ряд експериментальних досліджень (акт від 16 січня 2014 року).

Технологія передпосівної стимуляції насіння високочастотним електромагнітним полем пройшла апробацію в господарстві ПП ім. Калашника, проведений порівняльний економічний аналіз засвідчив доцільність впровадження (акт від 21 листопада 2013 року).

Одержані в дисертації нові результати використовуються в навчальному процесі кафедри фізики, автоматизації та механізації виробничих процесів Полтавської державної аграрної академії під час підготовки бакалаврів за напрямом 6.100102 – «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва», з дисципліни «Біофізика» під час виконання лабораторних практикумів із кредитного модуля «Молекулярна біофізика, біологічна термодинаміка, біоелектричні явища»; за напрямом підготовки 6.090101 – «Агрономія» під час викладання дисципліни «Фізика з основами біофізики» і виконання лабораторних практикумів із кредитного модуля «Електродинаміка біологічних систем, фотобіологія та квантова біофізика», а також під час підготовки атестаційних робіт бакалаврів, спеціалістів та магістрів (акт від 15 січня 2014 року).

Особистий внесок здобувача. Основні положення і результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно і висвітлено у 22 працях з яких, 7 – одноосібні [1,2,5,9-12]. Внесок здобувача у роботах, опублікованих у співавторстві наведено нижче.

У роботах [3, 4, 8 13, 17,] автором сформульовано мету та завдання досліджень, висвітлені механізми впливу високочастотного електромагнітного поля на фізіологічні структури насіння, на основі експериментів доведено позитивний вплив передпосівної стимуляції. В працях [14, 22] автором обгрунтовано поєднання в біотехнічну систему насіння, що опромінюється, апарат передпосівної стимуляції і людину оператора, що дозволило розробити оригінальні конструктивні рішення і рекомендації. В працях [15, 16] автору належить синтез математичної моделі з наступним її рішенням і

експериментальним підтвердженням. В працях [18, 20] автором розроблена структурна схема апарату, запропоновані рішення що до конструктивних вдосконалень. В працях [19, 21] автором висвітлено технологію передпосівного опромінення, представлено результати лабораторних і польових експериментів. В патенті на корисну модель [6] автором запропонований спосіб передпосівного опромінення насіння зернових електромагнітним полем високої частоти. В патенті на корисну модель [7] автором запропоновано систему автоматичного підстроювання частоти вихідного контуру.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати роботи доповідались і обговорювались на міжвузівських, всеукраїнських та міжнародних наукових, науково-технічних і науково-практичних конференціях.

1. Всеукраїнська наукова конференція молодих вчених; Уманський державний аграрний університет (Умань, 2009 р.).

2. VIII Всеукраїнська науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»; Кременчуцький державний університет ім. М. Остроградського (Кременчук, 2009 р.).

3. X Міжнародна конференція «TCSET – 2010. Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії» (Львів, 2010 р.).

4. VI Міжнародна науково-технічна конференція «БФФХ – 2010. Актуальные вопросы теоретической и прикладной биофизики, физики и химии» (Севастополь, 2010 р.).

5. Міжнародна науково-технічна конференція «Актуальні питання енергетики і прикладної біофізики в агровиробництві» (Мелітополь, 2011 р.).

6. VII Міжнародна науково-технічна конференція «БФФХ – 2011. Актуальні питання біологічної фізики і хімії» (Севастополь, 2011 р.).

7. IV Міжнародний радіоелектронний форум «МРФ – 2011. Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». Конференція «АНПРЭ. Актуальные проблемы биомединженерии» (Харків, 2011 р.).

8. X Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»; КрНУ імені Михайла Остроградського (Кременчук, 2011 р.).

9. Міжнародна науково-практична конференція «Аграрные регионы: тенденции и механизмы развития»; Курганская ГСХА (Курган, 2012 р.).

10. Студентська наукова конференція, ХНТУСГ імені Петра Василенка (Харків, 2012 р.).

11. XLIV науково-методична конференція «Інноваційні методи та форми організації навчання в ПДАА» (Полтава, 2013 р.).

12. XVII Міжнародний молодіжний форум «Радиоэлектроника и молодёжь в XXI веке»; ХНУРЕ (Харків, 2013 р.).

13. Міжвузівська науково-практична конференція «ЕТБФ – 2010. Актуальні питання електрофікованих технологій АПК та прикладної біофізики» (Мелітополь, 2010 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 22 наукові праці, з них 5 статей – у провідних фахових виданнях, з яких одна стаття – в журналі, що входить до наукометричних баз Index Copernicus, Російський індекс научного цитування (РИНЦ), Ulrich's Periodicals Directory, DRIVER, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), WorldCat, Electronic Journals Library, DOAJ, EBSCO, ResearchBib, American Chemical Society. Одержано 2 патенти України на корисну модель. Опубліковано 13 тез конференцій, 2 статті в профільних науково-виробничих виданнях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків, викладених на 135 сторінках друкованого тексту, списку використаних джерел із 166 найменувань на 20 сторінках та 4 додатків на 17 сторінках. Загальний обсяг роботи – 172 сторінки. Робота містить 62 рисунка та 14 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи та зв'язок із науковими планами та темами, сформульовано мету і задачі досліджень, визначено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, наведено дані про кількість публікацій та апробацій за тематикою виконаних досліджень.

У першому розділі виконано аналіз наукової літератури з теми дисертаційної роботи, розглянуто стан і перспективи розвитку методів та технічних засобів передпосівного опромінення насіння високочастотним електромагнітним полем, сформульовано основні напрями теоретичних і експериментальних досліджень.

На основі публікацій вітчизняних і закордонних авторів встановлено, що найпрогресивнішими, економічно вигідними та екологічно чистими є електромагнітні методи передпосівної стимуляції насіння сільсько-господарських культур. Така обробка підвищує схожість насіння, покращує енергію росту рослин, зменшує термін вегетації і, як наслідок, збільшує врожайність. Електричні методи включають обробку постійним і змінним електричним полем, а також опромінення в полі коронного розряду. За електромагнітної стимуляції використовують поля безперервної й імпульсної генерації радіочастотного діапазону (від низькочастотних до крайне високочастотних випромінювань).

Враховуючи складну структуру насіння як біологічного об'єкту, визначено, що існує два види впливу – тепловий та осциляторний, які тісно пов'язані між собою. За використання високочастотних випромінювань теплова дія є переважаючою.

Аналіз методів і систем опромінення виявив, що з точки зору енергетичної ефективності, безпеки обслуговуючого персоналу, простоти конструкції обладнання, доцільно використовувати частоту в діапазоні 20–30 МГц.

Для розробки методів і засобів передпосівної стимуляції насіння необхідні дослідження фізичних процесів, змін фізіологічного стану, що відбуваються в насипному насінні під час стимуляції росту за допомогою електромагнітного поля високочастотного діапазону.

Аналіз літературних джерел дав змогу виявити наступні напрями досліджень: розробити математичну модель теплового режиму насипного насіння під час обробки електромагнітним полем високочастотного діапазону; дослідити зміни електрофізичних параметрів насіння після проведення передпосівної стимуляції високочастотним електромагнітним полем; розробити біотехнічну систему опромінення насіння; удосконалити технічні засоби опромінення з використанням високочастотного поля; провести експериментальні дослідження роботи біотехнічної системи опромінення насіння високочастотним полем.

У другому розділі проведено синтез математичної моделі процесу опромінення насіння. Під час обробки насіння електричним полем високої частоти відбувається його нагрівання – в основному, завдяки наявності в клітинах молекул води і розчинених у воді іонів. Рух молекул води та іонів під дією змінного електричного поля високої частоти і спричиняє нагрівання. Температура є одним із факторів, що впливає на наслідки передпосівної обробки насіння. Однак поряд із нагріванням відбуваються й інші процеси. Перетворення структур білків, поляризація клітинних мембран, інтенсифікація обмінних процесів під дією опромінення можуть призводити до зміни електричних властивостей насіння і, як наслідок, – до впливу на фізіологічний стан, схожість і енергію росту рослин.

Встановлено, що під час обробки насіння високочастотним полем воно знаходиться між конденсаторними пластинами. Площа бокової поверхні шару насіння набагато менша, ніж площа торцевих поверхонь. Тому теплопередачею через бокові поверхні можна знехтувати. В такому випадку функція розподілу температур у шарах насіння буде залежати лише від однієї координати і має вигляд:

$$\frac{\partial T_{(x,t)}}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T_{(x,t)}}{\partial x^2} + q. \quad (1)$$

де: α – коефіцієнт теплопровідності, м²/с;

q – кількість теплоти, що виділяється в одиниці об'єму за одиницю часу, Вт/м³.

Загальний шар насіння, що знаходиться між конденсаторними пластинами, має товщину $2l$ (рис. 1), координати торцевих поверхонь (країв) шару насіння, відповідно, $x_1 = -l$ і $x_2 = +l$.

Умови теплообміну на кінцях шару насіння відповідають крайовим умовам Ньютона:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=-l} = h(T|_{x=-l} - T_0), \quad (2)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=+l} = h(T|_{x=+l} - T_0), \quad (3)$$

де: λ – ефективний коефіцієнт теплопровідності насипного насіння, Дж/м·К;

h – коефіцієнт теплообміну на краях шару насіння, Вт/(м²·К);

T_0 – температура зовнішнього середовища, К.

Визначено, що рівняння теплового балансу для випадку, який розглядається, має вигляд:

$$\Delta Q = \Delta Q_1 - \Delta Q_2 + \Delta Q_3. \quad (4)$$

Підставляючи в останнє рівняння вираз (1), одержано:

$$c\rho S\Delta x \cdot \Delta T = \lambda S \left(\frac{dT}{dx} \Big|_{x+\Delta x} - \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_x \right) \Delta t + \frac{P}{2l} \Delta x \cdot \Delta t. \quad (5)$$

де: c – середня питома теплопровідність насипного насіння, Дж/кг·°К;

ρ – щільність шару насіння, кг/м³;

P – активна потужність, яка виділяється у вторинному контурі генератора високої частоти, Вт;

S – площа бічної поверхні, м².

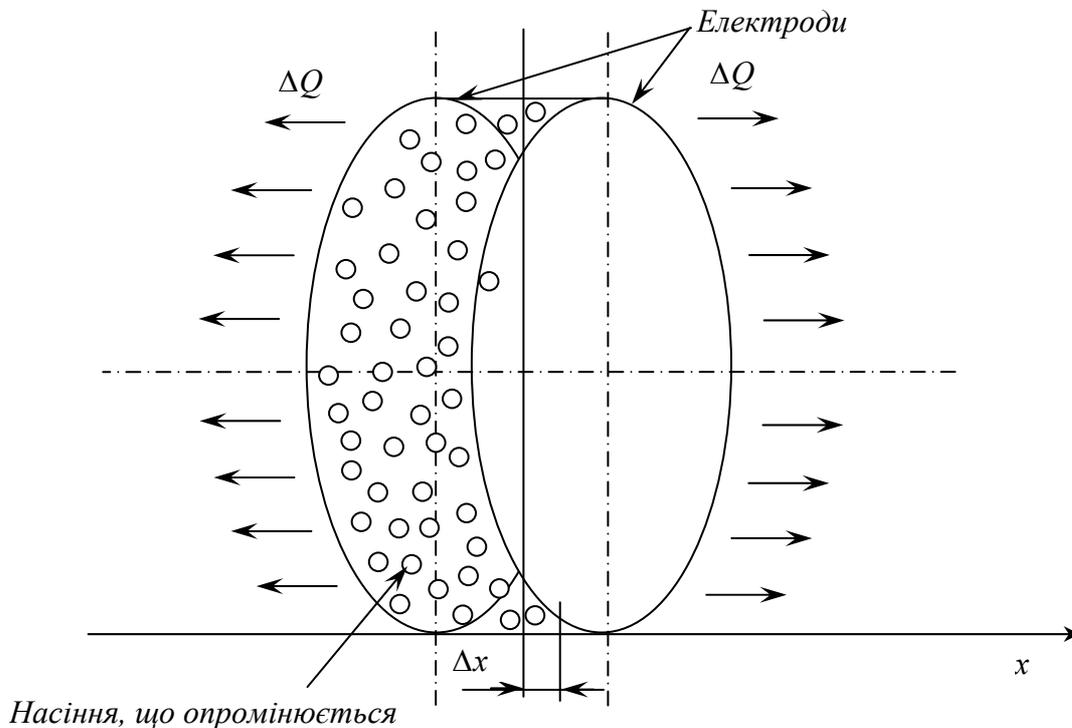


Рисунок 1 – Ілюстрація до виводу рівняння теплопровідності

Розв'язок задачі має остаточний вигляд:

$$T(x,t) = \frac{2Ptl}{\lambda S} \left[\frac{1}{4} \left(1 - \frac{x^2}{l^2} \right) + \frac{\lambda}{2lh} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\gamma_n^2 \frac{\tau}{l^2}} \sin \gamma_n}{\gamma_n^3 \left(1 + \frac{\sin 2\gamma_n}{2\gamma_n} \right)} \cos \left(\gamma_n \frac{x}{l} \right) \right], \quad (6)$$

де γ_n – позитивні корені рівняння

$$\operatorname{tg} \gamma = lh/\gamma \quad (\gamma_1 < \gamma_2 < \dots);$$

$$\tau = \frac{\lambda t}{c\rho}.$$

Для чисельних розрахунків застосовано метод кінцевих різниць. Сутність методу полягає в заміні неперервних величин дискретними значеннями:

$$x_j, \quad j = 0, 1, 2, \dots, n,$$

$$t_i, \quad i = 0, 1, 2, \dots, m.$$

Введення дискретних значень приводить до наступних наближених формул відповідних похідних:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T_{i+1,j} - T_{i,j}}{\Delta t}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{(T_{i,j+1} - T_{i,j})/\Delta x - (T_{i,j} - T_{i,j-1})/\Delta x}{\Delta x} = \frac{T_{i,j+1} - 2T_{i,j} + T_{i,j-1}}{\Delta x^2}. \quad (8)$$

Внаслідок цього розв'язок рівняння (5) можемо одержати за рахунок обчислення наступного рівняння:

$$T_{i+1,j} = T_{i,j} + \left(\alpha \left(\frac{T_{i,j+1} - 2T_{i,j} + T_{i,j-1}}{\Delta x^2} \right) + q \right) \Delta t. \quad (9)$$

Відповідна програма для розрахунку наведена в додатках, враховуючи крайові умови:

$$\frac{T_1}{\Delta x} = h'T_1,$$

$$\frac{T_n}{\Delta x} = -h'T_n.$$

Стійкість рішення задачі здійснюється тільки за умови:

$$\Delta t < \frac{\Delta x^2}{2\alpha}. \quad (10)$$

Для проведення чисельних розрахунків визначено ряд параметрів: середню питому теплоємність насіння, коефіцієнт теплообміну Ньютона, коефіцієнт теплопровідності.

Числові значення розподілу температур у насінні обраховані за допомогою наведеної моделі методом кінцевих різниць, використовуючи комп'ютерну програму Scilab 2.7. На рис. 2 представлені результати таких розрахунків при вихідній потужності 60 Вт. Максимального значення температура досягає в середньому шарі насіння, причому максимальна температура прямо пропорційна потужності P .

Згідно з аналізом моделі температурного режиму, за достатньої тривалості обробки ($t \rightarrow \infty$) височастотним полем температура насіння T досягає свого максимального значення і далі практично не змінюється.

Цей висновок ілюструється результатами, представленими на рис. 3. Одержані результати достатньо добре можуть бути апроксимовані рівнянням

$$T = T_{\infty} \left(1 - e^{-\frac{t}{t_0}}\right), \quad (11)$$

де: T_{∞} – асимптотичне значення температури, коли $t \rightarrow \infty$, К;

t_0 – коефіцієнт, який має розмірність часу, с.

Температура T_{∞} відповідає усталеному режиму, коли одержане тепло і його втрати рівні. Значення перевищення температури насіння, що опромінюється, над температурою навколишнього середовища зображені на графіку (рис. 3).

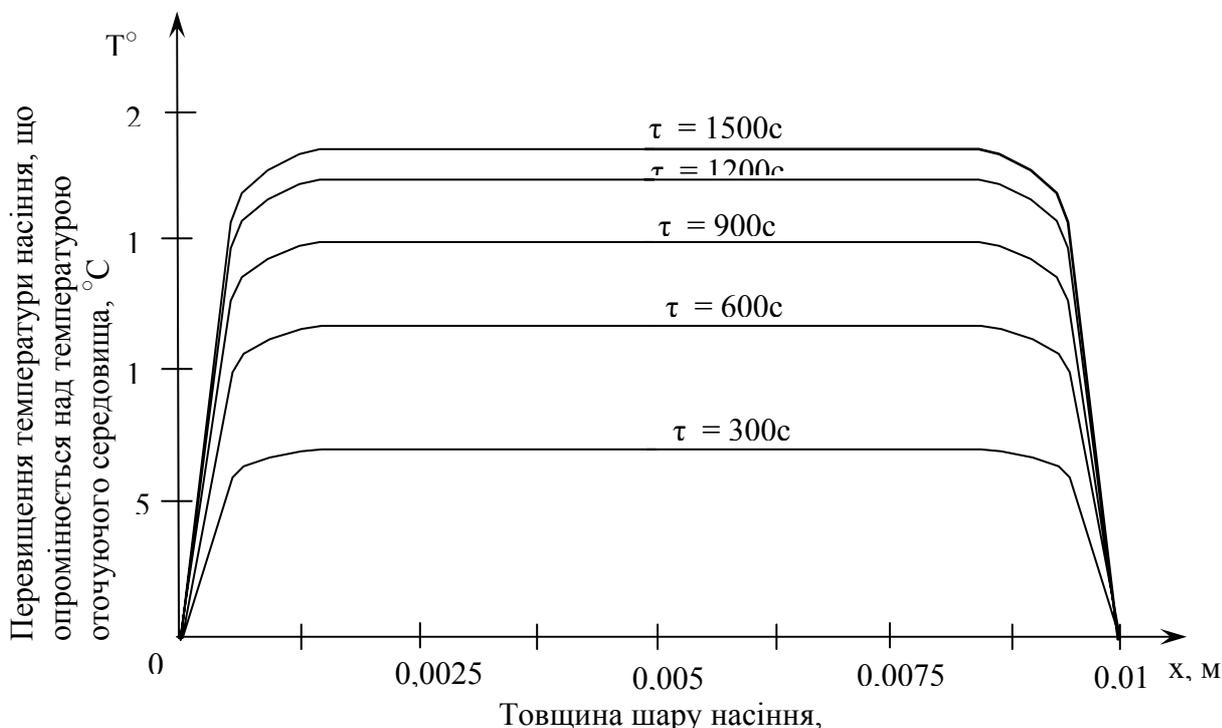


Рисунок 2 – Розподіл температур в шарі насіння при різному часі опромінення і вихідній потужності генератора 60 Вт

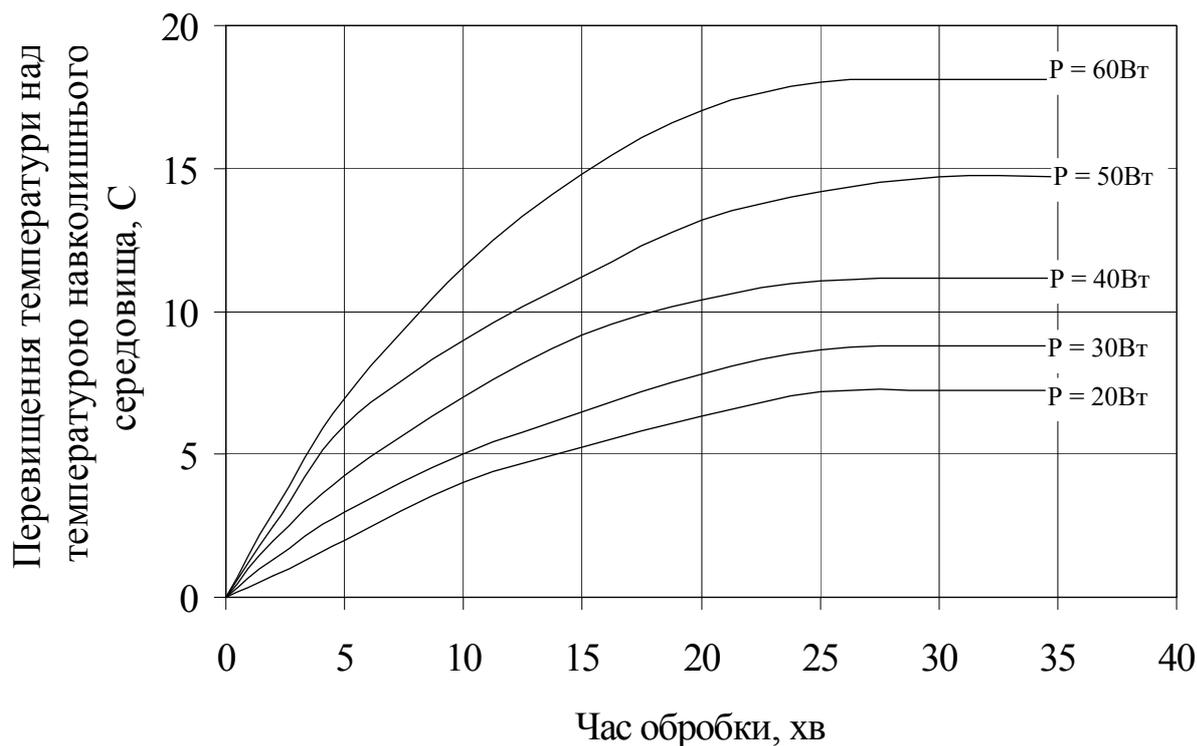


Рисунок 3 – Зміна температури насіння пшениці під час обробки полем високої частоти різної потужності

Розроблено електричну модель насіння сільськогосподарських культур, яка дозволяє аналізувати пасивні електричні характеристики насіння на різних частотах до і після опромінення. Визначено, що еквівалентну електричну схему насіння неможливо звести до послідовно чи паралельно з'єднаних постійних ємності й активного опору.

У самому насінні клітини зорієнтовані в різних напрямках і можуть об'єднуватися в різні структури (шкірка, зародок тощо), в яких спостерігається певна впорядкованість розташування клітин. Врахувати всі структури насіння і просторову орієнтацію клітин у них неможливо. Тому в моделі зроблено спрощення і розташовано клітини впорядковано у вигляді прямокутного паралелепіпеда (рис. 4). У цій моделі клітини розглядаються як паралелепіпеди певних розмірів, оточені зовнішніми клітинними мембранами, які, в свою чергу, оточені міжклітинним середовищем.

Між клітинами знаходиться середовище, яке має активну провідність. Внутрішня частина клітини також характеризується активною провідністю. Клітинна мембрана характеризується комплексним опором, який має активну і ємнісну складові. Еквівалентна електрична схема однієї комірки моделі (клітини) може бути представлена певним поєднанням опорів і ємностей.

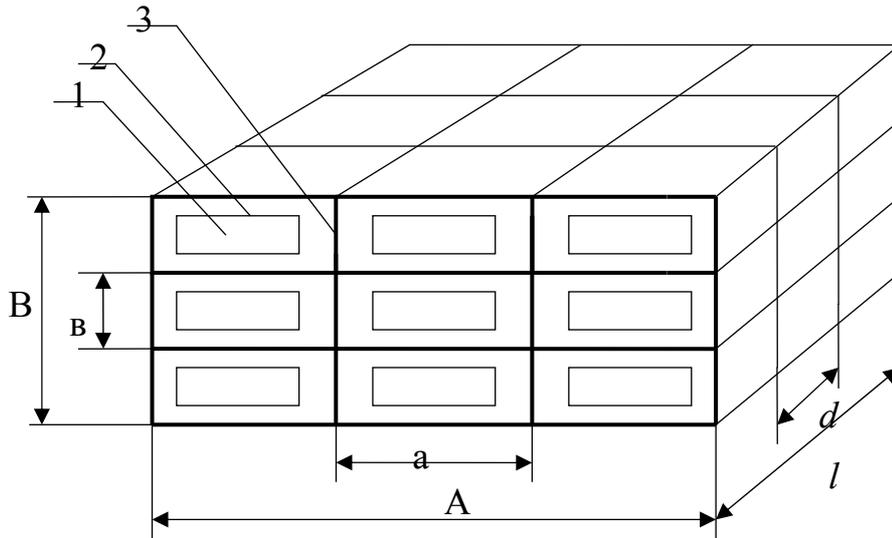


Рисунок 4 – Модель тіла, що має клітинну будову:

1 – вміст клітини; 2 – клітинна мембрана; 3 – міжклітинне середовище;
 а, в, d – лінійні розміри клітини; А, В, l – лінійні розміри насіння

Оскільки можна вважати, що опір міжклітинного середовища набагато менший опору клітини ($r_{mc} \ll r_k$), то у подальших розрахунках не враховано r_{mc} . Комплексний опір мембрани \dot{Z}_1 , паралельно з'єднаних r_m і C_m , визначено таким чином:

$$\frac{1}{\dot{Z}_1} = \frac{1}{r_m} + \frac{1}{j\omega C_m} = \frac{1}{r_m} + j\omega C_m,$$

а після перетворень одержано:

$$\dot{Z}_1 = \frac{1}{\frac{1}{r_m} + j\omega C_m} = \frac{r_m}{1 + j\omega C_m r_m}, \quad (12)$$

де: X_c – ємнісний опір мембрани, Ом;

r_m – активний опір мембрани, Ом;

C_m – ємність мембрани, Ф;

ω – циклічна частота струму, рад/с;

j – уявна одиниця.

Таким чином, загальний комплексний опір комірки $\dot{Z}_{ком}$ визначено наступним виразом:

$$\begin{aligned} \dot{Z}_{ком} &= r_k + 2\dot{Z}_1 = r_k + \frac{2r_m}{1 + j\omega C_m r_m} = \\ &= \frac{r_k + 2r_m + j r_k r_m \omega C_m - j r_k r_m \omega C_m - j 2 r_m^2 \omega C_m + r_k r_m^2 \omega^2 C_m^2}{1 + \omega^2 C_m^2 r_m^2}, \end{aligned}$$

після перетворень одержано:

$$\dot{Z}_{КОМ} = \frac{r_k + 2r_m + r_k r_m^2 \omega^2 C_m^2}{1 + \omega^2 C_m^2 r_m^2} - j\omega C_m \frac{2r_m^2}{1 + \omega^2 C_m^2 r_m^2}, \quad (13)$$

де r_k – опір вмісту клітини, Ом.

Визначили опір однієї комірки та врахували масштабний фактор у відповідності до наведеної моделі. Загальний опір послідовно з'єднаних клітин $\dot{Z}_{нос}$ визначається наступним виразом:

$$\dot{Z}_{нос.} = N_l \cdot \dot{Z}_{КОМ} = \frac{l}{d} \dot{Z}_{КОМ},$$

де N_l – кількість клітин у ланцюжку у відповідності до моделі.

Таким чином, загальний опір моделі буде:

$$\frac{1}{\dot{Z}_{заг}} = \frac{S}{l} \frac{1}{\gamma} \left(\frac{1}{\dot{Z}_{КОМ}} + \frac{\gamma}{\rho_{МК}} \right), \quad (14)$$

$$\dot{Z}_{заг} = \gamma \frac{l}{S} \left(\frac{\dot{Z}_{КОМ} \cdot \rho_{МК}}{\rho_{МК} + \gamma \dot{Z}_{КОМ}} \right). \quad (15)$$

Остаточно одержано:

$$\frac{1}{\dot{Z}_{заг}} = \frac{S}{l} \frac{1}{\gamma} \left[\frac{\rho_{МК} + \gamma R_{КОМ} - j\gamma X_{КОМ}}{\rho_{МК} (R_{КОМ} - jX_{КОМ})} \right],$$

$$\dot{Z}_{заг} = \frac{\gamma l}{S} \left[\frac{\rho_{МК} (R_{КОМ} - jX_{КОМ})}{\rho_{МК} + \gamma R_{КОМ} - j\gamma X_{КОМ}} \right],$$

$$\dot{Z}_{заг} = \frac{\gamma l}{S} \frac{R_{КОМ} \rho_{МК}^2 + \gamma \rho_{МК} R_{КОМ}^2 - \gamma X_{КОМ}^2 - j(\rho_{МК} X_{КОМ} + \gamma R_{КОМ} X_{КОМ} \rho_{МК} + \rho_{МК} \gamma R_{КОМ} X_{КОМ})}{(\rho_{МК} + \gamma R_{КОМ})^2 + (\gamma X_{КОМ})^2}, \quad (16)$$

де

$$R_{КОМ} = \frac{r_k + 2r_m + r_k r_m^2 \omega^2 C_m^2}{1 + \omega^2 C_m^2 r_m^2},$$

$$X_{КОМ} = \omega C_m \frac{2r_m^2}{1 + \omega^2 C_m^2 r_m^2}.$$

Одержано експериментальні дані щодо визначення діелектричної проникливості, активного опору і тангенса діелектричних втрат для неопроміненого і опроміненого насіння.

У третьому розділі розроблено біотехнічну систему (БТС) передпосівного опромінення насіння, яка містить технічну підсистему (апарат передпосівного опромінення насіння), насіння, що опромінюється, і людину-оператора, яка керує процесом. Розроблена система забезпечує екологічну безпечність, вирішує проблему радіозавад, максимально спрощує генерування сигналу, його передачу від генератора до передавача і опромінювача.

Визначено особливість даної БТС, яка полягає в тому, що включає два біооб'єкта: перший – насіння, стимуляція якого ЕМ полем повинна інтенсифікувати процес схожості і зростання; другий – людина-оператор, опромінення якого електромагнітним полем в діапазоні частот від 20 до 300 МГц призводить до поглинання енергії поля усім тілом людини, особливо певними значними об'ємами локального поглинання (наприклад, головним мозком, клітинами нервової системи та ін.), і може викликати небажані наслідки. Ці суперечливі вимоги, з точки зору випромінюваної ЕМ енергії, враховувані під час розробки БТС стимуляції насіння.

Запропоновано метод передпосівного опромінення насіння височастотним електромагнітним полем. Він полягає в опроміненні насіння електромагнітним полем високої частоти, яке виникає між конденсаторними пластинами, з'єднаними з генератором електромагнітних коливань (рис. 5).

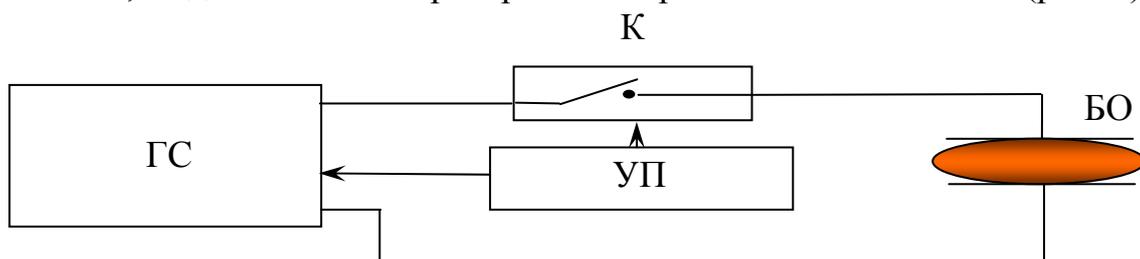


Рисунок 5 – Структурна схема реалізації методу опромінення насіння ЕМ полем: ГС – генератор ЕМ сигналів; К – ключ; УП – блок управління; БО – біологічний об'єкт

Використовується синусоїдальна безперервна форма сигналу, що задається генератором сигналів (ГС) і забезпечується роботою ключа і блоку управління. Час опромінення обумовлений біофізичними властивостями опромінюваного насіння. Потужність залежить від фізіологічних параметрів оброблювального матеріалу та умов навколишнього середовища. Застосовано бункер із захистом від поширення електромагнітних хвиль за рахунок екранування. Діапазон коливань високої частоти становить від 3 до 3000 МГц, що відповідає довжині хвилі від 100 до 0,1 метра.

Насіння, що опромінюється, знаходиться між двома конденсаторними пластинами, на які подається напруга відповідної частоти. Довжина хвилі, яка відповідає частоті $f = 27,12$ МГц, складає 11,06 метра.

Тому, якщо відстань між конденсаторними пластинами відповідає умові $l \ll \lambda/2$, електричне поле в проміжку між пластинами можна вважати однорідним. Вибрана частота 27,12 МГц знаходиться в діапазоні частот, 10–100 МГц, вона

призначена для використання в медицині. Ця частота не застосовується для інших цілей, зокрема для радіозв'язку тощо. Завдяки цьому, використання наведеної частоти практично виключає проблему створення радіозавад.

Обґрунтовано, що робота приладу здійснюється ефективно, коли вторинний контур налаштований в резонанс на робочу частоту 27,12 МГц. У такому випадку амплітуда значення напруги на елементах контуру LC максимальна і, відповідно, максимальне значення має напруженість електричного поля між обкладинками конденсатора вторинного контуру. Ефективне опромінення насіння здійснюється, коли вторинний контур налаштований на робочу частоту. В цьому випадку напруга електричного поля між пластинами конденсатора максимальна. Проте опромінюване насіння має різні характеристики – вид, розміри, вологість тощо. Це призводить до зміни їх діелектричних параметрів і, як наслідок, – до зміни резонансної частоти контура, що вимагає автоматичного підстроювання частоти (рис. 6).

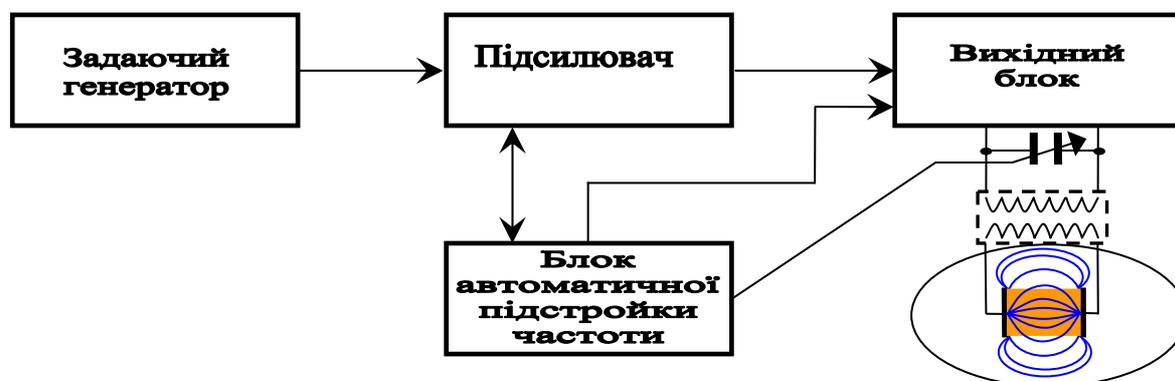


Рисунок 6 – Блок схема апарату передпосівного опромінення насіння

Технічні характеристики апарату опромінення насіння УВЧ 27-60 представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики апарату УВЧ 27-60

Характеристика	Одиниця виміру	Величина
Робоча частота	МГц	27,12±0,05 %
Вихідна потужність	Вт	10–60
Тривалість опромінення	хв	1–99
Об'єм бункера-антени	дм ³	8
Продуктивність	кг/годину	2–20
Напруга живлення, частота	В, Гц	(220±10 %), 50
Споживана потужність	ВА	не більше 100

Апарат випробований в лабораторних і виробничих умовах. Результати роботи – позитивні.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень роботи БТС опромінення насіння високочастотним полем із частотою 27,12 МГц безперервним синусоїдальним сигналом із вихідною потужністю 60 Вт для насіння різних культур.

Розроблено методику проведення експериментальних досліджень запропонованої БТС. Для цього використовується апарат передпосівного опромінення насіння УВЧ 27-60 «Полтава», що дозволяє обробляти посівне насіння різних рослин височастотним електромагнітним випромінюванням частотою 27,12 МГц, із тривалістю опромінення від 1 до 90 хв, із вихідною потужністю до 60 Вт. Апарат обладнано системою автоматичного підстроювання частоти, бункер-опромінювачем і електродами діаметром 50, 80, 120 мм.

Побудовано рівняння регресії і проведено оцінку їх адекватності за критерієм Фішера. Аналіз рівнянь регресії дозволив визначити оптимальне співвідношення незалежних факторів для досягнення максимального відсотка схожості насіння (оптимум). У процесі аналізу встановлено також найбільш значущі фактори (потужність і час) процесу опромінення насіння. Для наочного відображення впливу даних факторів на показник схожості побудовано поверхні відгуку.

Досліджено режими опромінення різного насіння, визначено енергію проростання та схожість (рис. 7–9). Для поведення опромінення використовувалось насіння пшениці сорту Коломак – 5, 3-го класу, врожаю 2008 року з середньою схожістю 70 %, насіння пшениці сорту Коломак – 5, розсадника РР-1 із середньою схожістю 95 %, насіння пшениці сортів Полтавка, Левада 58, Л-АНД, Форa, Левада із середньою схожістю 65 %, просо сорту Золушка, ячмінь сорту Гетьман, огірки сорту Фенікс 690, томати сорту Дар Заволж'я з середньою схожістю 72 %. Вологість насіння складала 12–18 %.

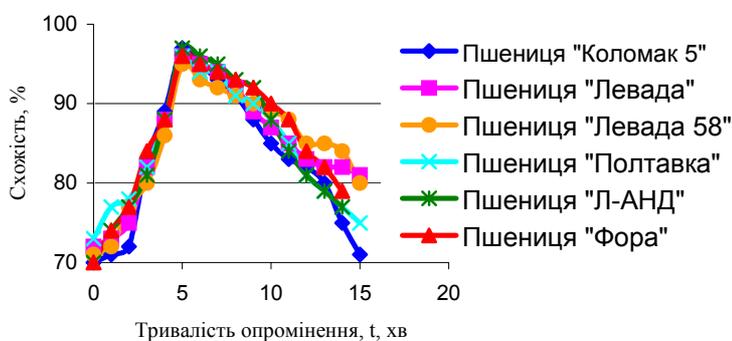


Рисунок 7 – Схожість насіння пшениці різних сортів

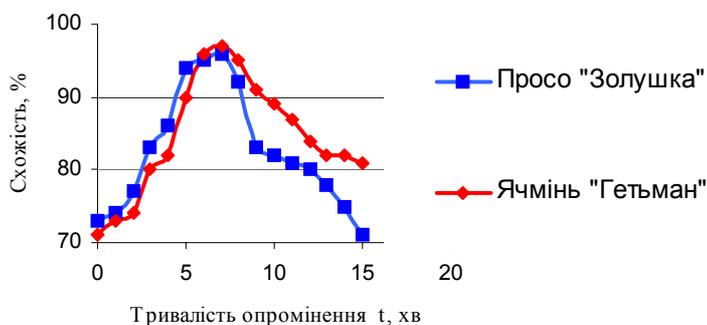


Рисунок 8 – Схожість насіння проса і ячменю

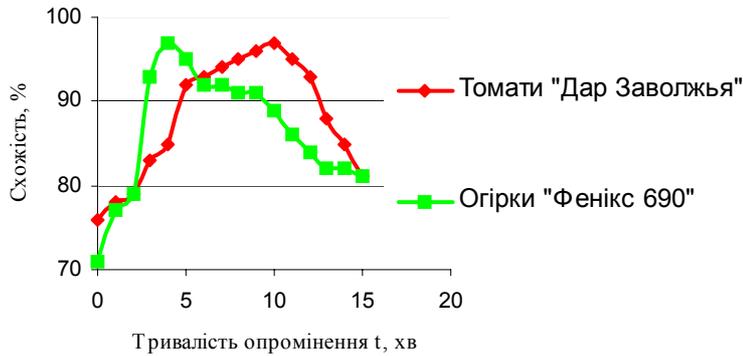


Рисунок 9 – Схожість насіння томатів і огірків

Проведено польові випробування БТС передпосівного опромінення насіння. В 2013 році на базі сільськогосподарського підприємства ПП ім. Калашника висівалося насіння ячменю сорту Гетьман (третя репродукція врожаю 2012 р.) із початковою схожістю 70–75 %, опромінене полями високочастотного діапазону (27,12 МГц).

Порівняльну оцінку економічної ефективності проведено з розрахунку на один гектар посівної площі (табл. 2).

Таблиця 2

Техніко-економічні показники впровадження технології передпосівного опромінення насіння ячменю з розрахунку на один гектар посівної площі

Показник	Варіанти		Опромінене до неопроміненого, %
	Неопромінене насіння	Опромінене насіння	
Вироблено продукції, т	1,76	2,18	124
Витрати на виробництво, грн	1182,37	1308,47	111
Собівартість виробленої продукції, грн/т	671,8	600,22	89
Виручка від реалізації, виробленої продукції, грн	2640	3270	124
Прибуток від реалізації виробленої продукції, грн	1457,63	1961,53	135
Рівень рентабельності виробництва продукції, %	123,3	149,9	122
Річний економічний ефект, грн	-	630	-
Річна економія коштів, грн	-	156,04	-

Технологія передпосівного опромінення насіння ячменю високочастотним полем економічно вигідна. Виробництво продукції зросло на 24 %, собівартість продукції знизилась на 11 %, річний економічний ефект склав 630 гривень.

У додатках наведено алгоритм, розроблений за допомогою програми Scilab 2.7, для розрахунку розподілу температур методом кінцевих різниць у шарі насіння, що опромінюється високочастотним електромагнітним полем, матриці планування експериментів, акти впровадження та апробації дисертаційної роботи.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну і важливу науково-прикладну задачу підвищення урожайності зернових і овочевих культур шляхом створення біотехнічної системи передпосівного опромінення насіння електромагнітним полем високочастотного діапазону.

Завдяки дослідженням отримано наступні результати:

1. Проведено аналіз сучасного стану методів і засобів передпосівного обробітку насіння сільськогосподарських культур і встановлено, що економічно вигідними є електромагнітні способи передпосівного опромінення насіння, які без застосування хімічних стимуляторів покращують енергію росту, зменшують термін вегетації і, як наслідок, збільшують врожайність та підвищують виробництво екологічно чистої продукції.

2. Удосконалено математичну модель розподілу температур у шарі насипного насіння під час опромінення його високочастотним електромагнітним полем, яка враховує залежності між геометричними параметрами опромінювача, вихідною потужністю, часом опромінення та біофізичними властивостями зерна, що дозволило провести моделювання об'єкту досліджень і встановити необхідні технічні параметри обладнання та режими опромінення.

3. Встановлено, що обробка насіння високочастотним електромагнітним полем призводить до поступового об'ємного нагрівання, зменшення його електричного опору в широкому діапазоні та збільшення дисперсії опору, внаслідок чого прискорюються обмінні процеси в насінні, запускається процес проростання.

4. Подальшого розвитку отримав метод передпосівної стимуляції насіння, який може використовуватись для передпосівної обробки будь-якого посівного матеріалу без застосування хімічних стимуляторів росту і, як наслідок, дозволяє одержати більш екологічно чисту продукцію рослинництва.

5. Розроблено біотехнічну систему передпосівного опромінення насіння, яка включає технічну підсистему (апарат передпосівного опромінення насіння) і біологічну підсистему (насіння, що опромінюється, а також людину-оператора, яка керує процесом). Технічна підсистема працює на частоті 27,12 МГц, що забезпечує екологічну безпечність, зменшує вплив радіоперешкод та максимально спрощує генерування сигналу, його передачу від генератора до передавача і опромінювача.

6. Створено апарат передпосівного опромінення насіння, який включає високочастотний генератор з автоматичним підстроюванням частоти і електродною системою опромінення насіння, що забезпечує вихідну потужність 10 Вт, 20 Вт, 30 Вт, 40 Вт, 50 Вт, 60 Вт, стабільність вихідного сигналу ($\pm 0,05\%$) на частоті 27,12 МГц, тривалість роботи 1–90 хв і дозволяє опромінювати насіння сільськогосподарських культур різних видів і сортів об'ємом одноразової партії до 8 дм³.

7. Проведено експериментальні та польові дослідження, що підтвердили доцільність застосування біотехнічної системи опромінення. Схожість насіння різних культур збільшилась на 10–27 %, енергія росту – на 12–25 %. Це покращило врожайність на 8–24 %. Аналіз економічної ефективності технології передпосівного опромінення довів доцільність її впровадження з високим річним економічним ефектом, зниженням собівартості продукції, підвищенням рівня рентабельності виробництва на 20–22 %.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Петровський О. М. Технологія передпосівної стимуляції насіння високочастотним електромагнітним полем / О. М. Петровський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. - №6/5. – С. 45 – 50. / входить Index Copernicus, Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), Ulrich's Periodicals Directory, DRIVER, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), WorldCat, Electronic Journals Library, DOAJ, EBSCO, ResearchBib, American Chemical Society.

2. Петровський О. М. Спосіб передпосівного опромінення насіння сільськогосподарських культур ультрависокочастотним електромагнітним полем / О. М. Петровський // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 107. – 2011р. – С. 276 – 283.

3. Петровський О. М. Визначення найбільш придатного діапазону електромагнітного випромінювання для передпосівної обробки насіння / О. М. Петровський, С. І. Волков // Вісник полтавської державної аграрної академії – 2011. – №1. – С. 163 – 165.

4. Петровський О. М. Температурний режим УВЧ опромінення, як фактор впливу на схожість насіння пшениці / О. М. Петровський, С. І. Волков, В. М. Калініченко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки Випуск № 7. – 2011. – С. 24 – 28.

5. Петровський О. М. Зміна електричних властивостей насіння під впливом високочастотного електромагнітного опромінення / О. М. Петровський // Вісник полтавської державної аграрної академії – 2014. – № 2. – С. 151 – 155.

6. Патент України на корисну модель 51700 UA МПК (2009) A01C 1/00 (2010. 07), Спосіб передпосівного опромінення насіння зернових. / Петровський О.М., Смердов А.А., Жемела Г.П., Волков С.І., Ландар А.А. // власник

Петровський О.М. Патент на корисну модель №51700. заявлено 15.02.2010; опубліковано 26.07.2010. Бюл. № 14 2010р.

7. Патент України на корисну модель 58446 UA МПК (2011.01) A01C 1/08 (2006. 01) G01R 21/01 (2006/01), H01J 27/00 G01R 29/08 (2011/01) Пристрій для передпосівного опромінення насіння зернових. / Петровський О.М., Смердов А.А., Волков С.І., Ландар А.А. // власник Петровський О.М. Патент на корисну модель №58446. заявлено 08.10.2010; опубліковано 11.04.2011. Бюл. № 7 2011р.

8. Смердов А. А. Вплив електромагнітних полів УВЧ діапазону на електричні характеристики насіння / А. А. Смердов, О. М. Петровський, С. І. Волков // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання. ТДАТУ. – м. Мелітополь. – 2011. – С. 47 – 54.

9. Петровський О. М. Вплив УВЧ опромінення на електричні характеристики насіння / О. М. Петровський // Матеріали всеукраїнської наукової конференції молодих вчених. Тези наукової конференції. Уманський державний аграрний університет. м.Умань. – 2009р. – С. 91 – 92.

10. Петровський О. М. Електричні характеристики насіння як фактор оцінки впливів електромагнітних полів / О. М. Петровський // Матеріали студентської наукової конференції. ХНТУСГ імені П. Василенка. – м. Харків. – 2012. – С. 23.

11. Петровський О. М. Експериментальні дослідження біотехнічних систем в процесі викладання природничих і технічних дисциплін студентам АІННІ / О. М. Петровський // Матеріали XLIV Науково-методичної конференції «Інноваційні методи та форми організації навчання в ПДАА». – м. Полтава. – 2013. – С. 149 – 152.

12. Петровський О. М. Теплова модель опромінення насіння електромагнітним полем / О. М. Петровський // 17-й Міжнародний молодіжний форум «Радиоэлектроника и молодёжь в XXI веке». Сб. материалов форума. Т. 1. – г. Харьков: ХНУРЕ. – 2013. – С. 150 – 151.

13. Смердов А. А. Вплив УВЧ опромінення на схожість і енергію росту пшениці / А. А. Смердов, О. М. Петровський // VIII Всеукраїнська науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів». Тези наукових доповідей. – Кременчуцький державний університет ім. М. Остроградського. м. Кременчук. – 2009. – С. 178 – 179.

14. Andrey Smerdov, Alexander Petrovsky Biotechnical system of irradiating crop seeds. / А. А. Смердов, О. М. Петровський // Матеріали X Міжнародної конференції TCSET'2010 IEEE «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії» м. Львів. – 2010. – С. 135.

15. Смердов А. А. Математическая модель внутрисеменного электромагнитного поля. / А. А. Смердов, А. Н. Петровский, Л. Е. Никифорова // Материалы VI Международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы теоретической и прикладной биофизики, физики и химии» БФФХ-2010. г. Севастополь. – 2010. – С. 63 – 66.

16. Смердов А. А. Математична модель теплового режиму УВЧ опромінення насіння сільськогосподарських культур / А. А. Смердов, О. М. Петровський, С. І. Волков // Матеріали міжвузівської науково-практичної

конференції «Актуальні питання електрофікованих технологій АПК та прикладної біофізики» ЕТБФ-2010 м. Мелітополь. – 2010. – С. 22 – 25.

17. Смердов А. А. Визначення оптимальних режимів передпосівної обробки насіння електромагнітним полем / А. А. Смердов, О. М. Петровський // «Актуальні питання біологічної фізики і хімії» БФФХ- 2011, VII Міжнародна науково-технічна конференція. м. Севастопіль. – 2011. – С. 44 – 46.

18. Смердов А. А. Аппарат УВЧ облучения семян сельскохозяйственных культур / А. А. Смердов, А. Н. Петровский // 4-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2011. Сборник научных трудов. Том III. Конференция «Актуальные проблемы биомедицины». АНПРЭ, ХНУРЭ. – г. Харьков. – 2011. – С. 71 – 75.

19. Петровський О. М. Розробка та впровадження передпосівної технології опромінення насіння ячменю УВЧ полем / О. М. Петровський, І. С. Негребецький // X Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів» Матеріали конференції. КрНУ імені Михайла Остроградського. – м. Кременчук. – 2011. – С. 26 – 27.

20. Смердов А. А. Аппарат предпосевного облучения семян электромагнитным полем. / А. А. Смердов, А. Н. Петровский // Аграрные регионы: тенденции и механизмы развития: Материалы международной научно-практической конференции (17 – 18 мая 2012г.) Изд-во Курганской ГСХА. – г. Курган. – 2012. – С. 437 – 442.

21. Петровський О. М. Електричні властивості насіння як фактор оцінки інтенсивності обмінних процесів / О. М. Петровський, С. І. Волков, А. А. Ландар // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – м. Полтава. – 2009. – №3(54) – С. 62 – 64.

22. Смердов А. А. Биотехническая система электромагнитной стимуляции семян / А. А. Смердов, А. Н. Петровский // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. ТДАТУ. Вип. 2, Т. 1. – м. Мелітополь. – 2012. – С. 50 – 59.

АНОТАЦІЯ

Петровський О. М. Біотехнічна система передпосівного опромінення насіння електромагнітним полем високочастотного діапазону. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи. – Полтавська державна аграрна академія, Полтава, 2014.

Робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі – розробці біотехнічної системи опромінення насіння електромагнітним полем високої частоти для підвищення врожайності різних сільськогосподарських культур.

На підставі проведеного аналізу існуючих методів і технологій передпосівної обробки насіння різних сільськогосподарських культур обґрунтовано застосування високочастотного опромінення насіння, що дозволило сформулювати мету роботи, задачі досліджень і методику проведення експериментів.

Розроблено математичну модель процесу нагрівання насіння різних сільськогосподарських культур під дією електромагнітного випромінювання високої частоти. Запропоновано математичну модель зміни електричних характеристик насіння. Вона показує зміну комплексного опору насіння після електромагнітного опромінення.

На основі теоретичних розробок запропоновано методику проведення передпосівного опромінення ЕМ-полем високочастотного діапазону з частотою 27,12 МГц, вихідною потужністю 20–60 Вт, безперервним сигналом синусоїдальної форми. Розроблено оригінальну конструкцію апарату для обробки насіння, яка включає пристрій автоматичного підстроювання частоти і має бункер-опромінювач оригінальної форми з короткозамкненим витком.

Експериментальні дослідження показали високу ефективність такої технології. Схожість насіння різних культур збільшилася на 10–27 % і, як наслідок, врожайність у польових умовах збільшилася на 8–24 %.

Ключові слова: врожайність, електричний опір, енергія росту, метод передпосівного опромінення, стимуляція насіння, схожість, теплова модель.

АННОТАЦИЯ

Петровский А. Н. Биотехническая система предпосевного облучения семян электромагнитным полем высокочастотного диапазона. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. – Полтавская государственная аграрная академия, Полтава, 2014.

Работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи – разработке биотехнической системы облучения семян электромагнитным полем высокой частоты для повышения урожайности разных сельскохозяйственных культур.

На основании проведённого анализа существующих методов и технологий предпосевной обработки семян различных сельскохозяйственных культур обосновано применение высокочастотного облучения семян, что позволило сформулировать цель работы, задачи исследований и методику проведения экспериментов.

Разработана математическая модель процесса нагревания семян различных сельскохозяйственных культур под действием электромагнитного излучения высокой частоты. Нагревание происходит по экспоненциальному закону до определённой температуры, после чего система выходит на стабильный режим. Предложена математическая модель изменения электрических характеристик семян. Она показывает изменение комплексного сопротивления семян после электромагнитного облучения.

На основе теоретических разработок предложена методика проведения предпосевного облучения электромагнитным полем высокочастотного диапазона с частотой 27,12 МГц, выходной мощностью 20–60 Вт, непрерывным сигналом синусоидальной формы. При этом контролировались электрические характеристики семян до и после облучения, что позволило определить изменение их комплексного сопротивления и диэлектрической проницаемости.

С целью реализации процесса облучения предложена оригинальная конструкция аппарата для обработки семян, которая включает устройство автоматической подстройки частоты и имеет бункер-облучатель оригинальной формы с короткозамкнутым витком. Система автоподстройки частоты позволяет эффективно проводить облучение, настраивая выходной контур в резонанс, и, как следствие, направляет энергию непосредственно на облучаемые семена. Короткозамкнутый виток защищает обслуживающий персонал от вредного действия электромагнитного излучения.

Экспериментальные исследования показали высокую эффективность предложенной технологии. Всхожесть семян различных культур в лабораторных условиях возросла с 70 % до 95 %, в полевых и тепличных условиях с 70 % до 92 %. Энергия роста увеличилась на 20 % и, как следствие, урожайность в полевых условиях увеличилась на 8–24 %.

В процессе экспериментов определены оптимальные режимы воздействия высокочастотного поля на семена растений. Оптимальная температура нагревания семян составляет 24–26 °С. Процесс нагревания семян зависит от влажности и физиологических особенностей семян, а следовательно – от электрических параметров зерна, таких как сопротивление и диэлектрическая проницаемость.

Основные результаты диссертации использованы при разработке рекомендаций по применению высокочастотной электромагнитной технологии стимуляции семян разных сельскохозяйственных культур в открытой почве, в теплицах при создании технических средств для реализации такой технологии.

Ключевые слова: всхожесть, метод предпосевного облучения, стимуляция семян, тепловая модель, урожайность, электрическое сопротивление, энергия роста.

ABSTRACT**Petrovskij O. M. Bioengineering system of preplant seed irradiation with the high-frequency electromagnetic field. – A manuscript.**

Dissertation for the degree of Candidate of Engineering Sciences, specialty 05.11.17 – biological and medical devices and systems. – Poltava state agrarian academy, Poltava, 2014.

Thesis is devoted to the solution of important scientific and technical problem. It is the development of the biotech seed irradiation with the high-frequency electromagnetic field to increase yield of various crops.

On the base of the analysis of existing methods and technologies for preplant treatment of different crops seeds the use of high-frequency irradiation of seeds has been proved, which allowed formulating the purpose of thesis, its objectives and methodology for conducting research experiments.

A mathematical model of the process of heating the seeds of various crops under the influence of high-frequency electromagnetic radiation has been developed. A mathematical model for the replacement of the electrical characteristics of seeds has been proposed. It shows the change of the impedance of seeds after electromagnetic irradiation.

On the basis of theoretical development the technique of preplant irradiation with the high-frequency electromagnetic field with frequency of 27.12 MHz has been proposed, output power 20–60 W, continuous sine wave signal. An original construction for the treatment of seeds has been developed, which includes a device for the automatic frequency control and has a bunker-irradiator of the original form with the shading coil.

Experimental studies have shown high efficiency of this technology. Germination of seeds of different crops increased by 10–27 %. As a consequence, the yield in the field increased by 8–24 %.

Keywords: thermal model, stimulation of seeds, the electrical resistance, method preplant irradiation, germination, growth energy, productivity.

Підписано до друку 20.11.2014 р. Замовлення № 263. Папір офсетний.
Друк різнографія. Формат 60x90/16. Обл.-вид. ар.1,2. Ум. друк. арк. 1,75.
Гарнітура Times New Roman Суг. Тираж 100.

Друк – Редакційно-видавничий відділ Полтавської державної аграрної академії
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №2174 від 26.04.2005 р.
Адреса: 36003, м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3.

