

УДК 632.935.4:621.396.652

МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРОБКИ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Л. Є. Никифорова, доктор технічних наук, професор

М. О. Сподоба, студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: profnikiforova@gmail.com

Анотація. Обґрунтовано моделі комплексної системи дослідження процесів низькоенергетичної електромагнітної обробки насіння, що використовують методику синтезу гібридних та колективних моделей для прогнозування показників розвитку тепличних рослин. Реалізація досліджень за даною методикою дала можливість отримання оптимальних режимів обробки насіння тепличних культур, що забезпечують збільшення врожайності і зниження енергетичних витрат.

Розгляд моделі показав, що істотний вплив на показники ефективності передпосівної обробки насіння роблять електротехнологічні і технологічні параметри подальшого вирощування рослин з урахуванням тимчасових чинників конкретних умов навколишнього середовища. На основі дослідження структурної схеми системи розроблені параметричні моделі, що використовують теорію активного планування експерименту. Використання схем математичного моделювання та алгоритмів математичного забезпечення системи дослідження, з врахуванням зовнішніх факторів впливу на рослини, отримати статистичну імітаційну модель просторової динаміки розвитку рослини, що дозволило знизити відносну похибку прогнозування показників ефективності. Розроблена система, призначена для вирішення виникаючих проблем в електротехнологічних дослідженнях по знаходженню адекватних методичних: математичних і інформаційних засобів визначення ефективних технологічних режимів НВЧ обробки насіння з урахуванням конкретних чинників навколишнього середовища.

Ключові слова: енергетичні витрати, біологічний об'єкт, імітаційне моделювання, методи обробки, алгоритм

Актуальність. Актуальність рішення цієї проблеми пов'язана не тільки з ефективним використанням існуючих методів обробки ґрунту, рослин, збирання врожаю і ефективних методів підготовки насіння до посіву, але і в розробці енергоекономічних електротехнологічних прийомів обробки насіння і рослин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Теоретичні і експериментальні дослідження, що виконані у цьому напрямі вітчизняними і зарубіжними вченими і їх науковими школами, визначили широке коло задач по визначенню різних методів обробки насіння і їх застосуванню в сучасному сільськогосподарському виробництві.

Проте існуюча методика досліджень електротехнологічних процесів не дозволяє розкрити причинні і функціональні зв'язки між явищами, що спостерігаються при дії електротехнологічних і екологічних параметрів на якісні показники насіння і рослин і не дозволяє застосовувати одержані закономірності для вирішення практичних задач ефективного використання цих методів і технічних засобів в сільськогосподарському виробництві.

Розроблені електротермічні ВЧ і НВЧ технології обробки насіння також характеризуються складністю, стохастичним характером процесів дії електромагнітних полів на насіння, великою кількістю польових дослідів і невизначеністю залежностей подальшого розвитку рослин від зовнішніх дій.

Мета дослідження – обґрунтування моделі комплексної системи дослідження процесів низькоенергетичної електромагнітної (НЕ ЕМ) обробки насіння і розвитку рослин, що забезпечують збільшення врожайності і знижують енергетичні витрати.

Матеріали та методи дослідження. При розгляді моделі дослідження процесу НЕ ЕМ НВЧ обробки насіння і вирощування рослин (рис.1), видно, що істотний вплив на показники ефективності передпосівної обробки насіння роблять електротехнологічні параметри НВЧ обробки і технологічні параметри подальшого вирощування рослин з урахуванням тимчасових чинників конкретних умов навколишнього середовища.

Складний характер залежності показників ефективності розвитку сільськогосподарських рослин від технологічних параметрів передпосівної обробки насіння до посіву, агротехніки обробки сільськогосподарських культур і кліматичних умов, що змінюються, є слідством багатоекстремального характеру цільових функцій в задачі оптимізації.

Тому, з урахуванням представленої моделі (рис. 2.2) для розв'язання проблеми наукового обґрунтування параметрів НЕ ЕМ НВЧ обробки насіння і пошуку відносного глобального екстремуму показників ефективності цього процесу і подальшої їх перевірки у виробничих умовах та розробки практичних рекомендацій, пропонується використання методології імітаційного моделювання [3].

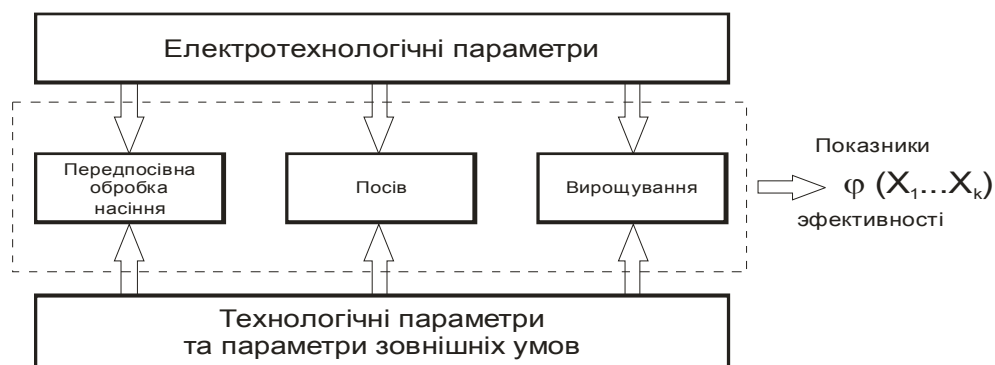


Рис. 1. Модель процесу дослідження НЕ ЕМ НВЧ обробки насіння та вирощування рослин

Існуючі теоретичні основи високочастотної обробки сипких матеріалів і методика прискореної організації системи дослідження технології, що вивчається, характеризуються складністю і початковою невизначеністю властивих їй закономірностей. [1, 2]

Результати досліджень та їх обговорення. Експериментальні дослідження енерготехнологічних режимів і показників ефективності НВЧ підготовки насіння до посіву указують на різноманіття чинників, діючих на даний матеріал при обробці і подальше вирощування з них рослин та отримання насіння нового урожаю. За допомогою пасивного експерименту провести в повному об'ємі комплексні дослідження теоретично обґрунтованих параметрів і режимів певних видів обробки НВЧ методів при проведенні порівняльних випробувань в польових умовах практично неможливо.

Керуючись системним підходом, розроблена функціональна схема системи дослідження енерготехнологічних процесів НЕ ЕМ НВЧ обробки насіння, що складається з трьох основних підсистем. (рис. 2).

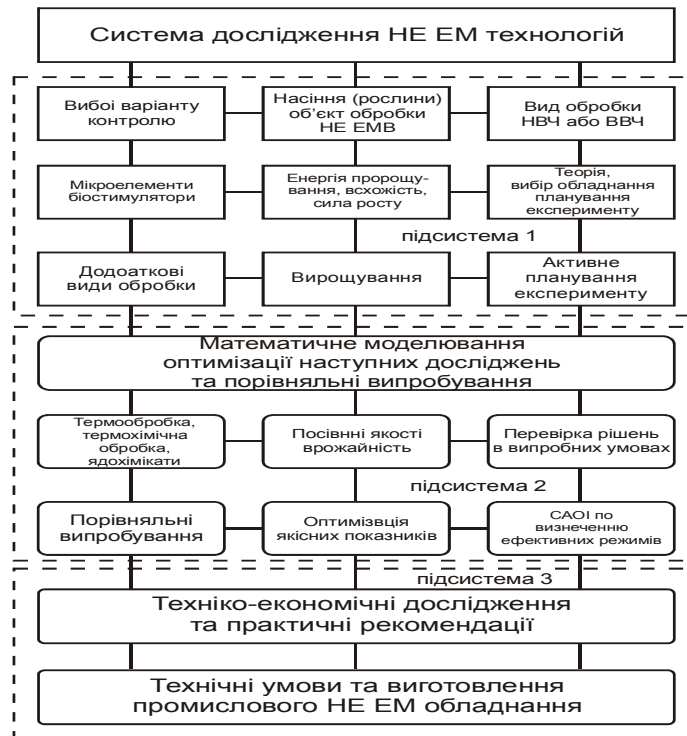


Рис.2. Структурна схема системи дослідження електротехнологічних процесів НЕ ЕМ НВЧ обробки насіння

Підсистема 1, об'єднана активним плануванням експерименту, включає вибір обробки насіння ВВЧ або НВЧ, аналітичних моделей обґрунтування механізмів дії, параметрів та показників ефективності, вибір устаткування для проведення досліджень і перевірки одержаних порівняльних результатів в лабораторних умовах для знаходження ефективних режимів обробки.

Підсистема 2, вищого рівня по відношенню до інших, базується на результатах виробничих досліджень в польових умовах по перевірці механізмів дії параметрів, що вивчаються, на показники ефективності, математичному моделюванні, з системою автоматизованої обробки інформації (САОІ) і подальших обчислювальних порівняльних дослідженнях за визначенням ефективних режимів ВВЧ або НВЧ обробки насіння і оптимізації якісних показників в умовах неповної інформації, тобто неадекватності рівнянь активного планування експерименту при знаходженні глобального оптимуму, з урахуванням зовнішніх чинників дії.

Дана підсистема дозволяє за допомогою математичного моделювання, заснованого на статистичних моделях: непараметричних, гібридних і колективних, одержати в умовах неповної інформації характеристики взаємодії електротехнологічних режимів і якісних показників обробки насіння і одержаного результату в польових умовах.

Підсистема 3 представляє техніко-економічні дослідження і результати практичних рекомендацій і технічних умов на виготовлення промислового ВВЧ і НВЧ устаткування для підготовки насіння до посіву.

Розроблена система призначена для вирішення виникаючих проблем в електротехнологічних дослідженнях по знаходженню адекватних методичних: математичних і інформаційних засобів визначення ефективних технологічних режимів ВВЧ і НВЧ обробки насіння.

Систему математичного моделювання комплексної системи дослідження технологічних процесів обробки насіння сільськогосподарських культур можна представити також у вигляді трьох підсистем (рис. 3)

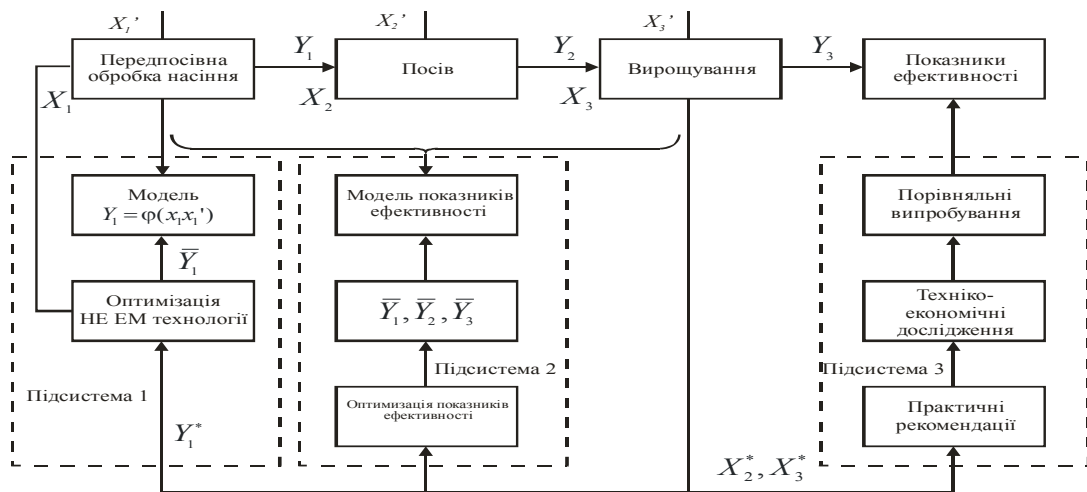


Рис. 3. Структурна схема системи математичного моделювання комплексних досліджень в технологічних процесах виробництва тепличних культур

Показники ефективності

y_1 - енергія пророщування

y_2 - лабораторна схожість

y_3 - врожайність

y_4 – сила росту

y_n - кількісні та якісні показники

Технологічні параметри

x_1 – експозиція обробки

x_2 – частота ЕМП

x_3 – період "обробка - висів"

x_4 – норма висіву насіння

x_n – умови зовнішнього середовища

У підсистемі 1 пропонується розробка параметричних моделей дослідження і прогнозування якісних показників ефективності ВЧ і СВЧ обробки насіння. Пропоновані моделі дозволяють більш повно використовувати параметричне моделювання і інші початкові відомості про технологію, що вивчається, тим самим представляють досліднику сучасні математичні засоби моделювання і оптимізації процесу підготовки насіння до посіву.

У підсистемі 2 розглядаються непараметричні моделі дослідження в технологічних процесах вирощування сільськогосподарських культур в різних умовах апріорної інформації і методики синтезу і аналізу непараметричних, гібридних і колективних моделей стохастичних залежностей, визначаючи взаємозв'язок між параметрами, що вивчаються, і зовнішніми чинниками дії і якісними показниками ефективності насіння і вирощуваних з них рослин.

У підсистемі 3 показники ефективності кожного j етапу даного процесу визначаються його електротехнологічними параметрами, зовнішніми умовами і результатами попередніх етапів і оцінюються зрештою цільовими функціями або порівняльними дослідженнями або техніко-економічними показниками.

В рамках підсистеми 1 виконано реалізацію на експериментальній установці матриці плану Бокса, що дозволило отримати параметричні адекватні рівняння регресії за даними першого року дослідження в лабораторних та тепличних умовах (при $x_1 = \tau, x_2 = f, x_3 = T, x_4 = N$):

по енергії пророщування

$$y_2 = 93,1 - 0,8x_3^2 + 0,7x_1 - 1,6x_2 + 2,4x_1x_3;$$

по лабораторній схожості

$$y_3 = 94,1 + 3,5x_1^2 - 1,6x_2^2 - 0,7x_3^2 + 0,8x_1 - 2,3x_2 + 4,5x_1x_3;$$

по врожайності

$$y_4 = 100,1 + 9,0x_1^2 + 3,2x_2^2 - 7,1x_3^2 - 19,5x_4^2 - 4,8x_2 + 10,4x_3 + 15,1x_4 - 4,0x_1x_2 - 5,5x_1x_4 - 5,9x_2x_4$$

За даними виразами отримано поверхні відгуку рис.4, що визначають графічну залежність результативного признаку від факторів впливу.

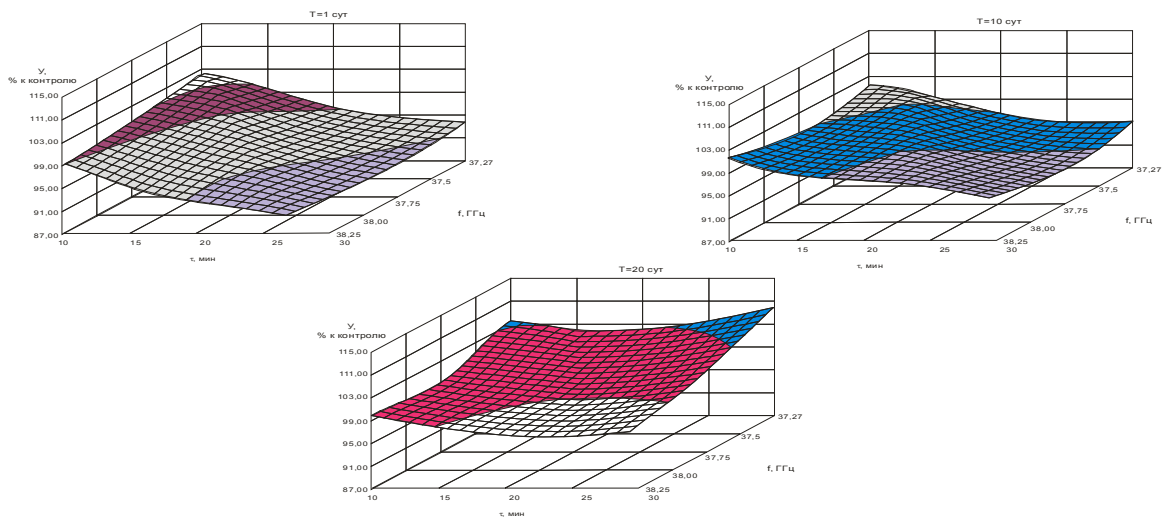


Рис. 4. Залежність зміни врожайності рослин огірка від параметрів НЕ ЕМ обробки насіння (частоти, експозиції) та часу відлежки

Подальша реалізація алгоритму розробленої комплексної системи дослідження (виконання методики досліджень, що передбачено у підсистемі 1 та підсистемі 2) дозволила отримати оптимальні режими низькоенергетичної обробки насіння тепличних культур:

$f_{рез} = 37,25$ ГГц (+,- 15% в залежності від виду культур), експозиція $T=30$ хв, час "обробка-висів" – 21 доба, щільність потужності – $1,9$ мВт/см², норма висіву насіння 1кг/г.

На підставі експериментальних досліджень сформульовано загальні положення методики розробки НЕ ЕМ технології активації насіння тепличних культур та алгоритм її використання у тепличних господарствах.

Висновки і перспективи. У статті зроблено обґрунтування моделі комплексної системи дослідження електротехнологічних процесів низькоенергетичної електромагнітної НВЧ обробки насіння.

1. Визначено, що існуюча методологія дослідження розроблених електротехнологічних процесів не дозволяє в повній мірі розкрити причинні та функціональні зв'язки між явищами, що спостерігаються при впливі електротехнологічних та екологічних параметрів на якісні показники насіння та рослин і не дозволяє застосовувати отримані закономірності для вирішення практичних задач підвищення врожайності при зниженні енергоматеріальних затрат.

2. Структурна схема системи дослідження дозволила розробити параметричні моделі, що використовують теорію активного планування експерименту, і на цій основі виявити причинні та функційні зв'язки між явищами, що виникають при впливі електротехнологічних параметрів на показники ефективності НЕ ЕМ НВЧ/ВВЧ обробки насіння.

3. Функціональні схеми математичного моделювання та алгоритми математичного забезпечення системи дослідження електротехнологічних процесів дозволили на основі непараметричних гібридних моделей та алгоритмів оптимізації, з урахуванням зовнішніх факторів впливу на розвиток рослин (час від обробки до посіву, норми висіву, різнотонність ґрунту і т. д.), отримати статистичну імітаційну модель просторової динаміки розвитку рослин з пошуком відносного глобального екстремуму та у 3 рази знизити відносну похибку прогнозування показників ефективності у порівнянні з поліноміальними апроксимаціями.

4. Комплексні дослідження, що використовували математичне моделювання, дозволили мінімізувати затрати на організацію експериментальних робіт та виявити ефективні режими передпосівної обробки насіння, що підвищують врожайність тепличних культур на 20 – 30% і знижують енергоємність процесу по окремим культурам у 300 разів.

Список літератури

1. Ушакова С.И. Влияние высокочастотной обработки семян капусты на активность роста и урожай / С. И. Ушакова, Н. Ш. Никонова // Труды ЧИМЭСХ. - 1977. - № 127. - С. 98 - 99.
2. Использование СВЧ - энергии в сельскохозяйственном производстве. Сб. науч. тр. - Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1989. - 172 с.
3. Аністратенко В. О. Математичне планування експериментів в АПК / Аністратенко В. О., Федоров В. Г. - К.: Вища шк., 1993. - 375 с.

References

1. Ushakova, S. Y., Ny'konova N. Sh. (1977). Vliyanie vusokochastotnoj obrabotki semyan kapust na aktivnost` rosta i urozhaj [Influence of high-frequency treatment of cabbage seeds on growth and yield activity. Trudy ChYMESH, 127, 98 - 99.
2. Ispol'zovaniye SVCH - energii v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve [Use of microwave energy in agricultural production]. Sb. nauch. tr. (1989). Zernograd: VNY`PTY`MESH, 172.
3. Anistratenko, V. O., Fedorov, V. G. (1993). Matematychnye planuvannya eksperimentiv v APK [Mathematical planning of experiments in the agroindustrial complex]. Kyiv: Vysha shk., 375.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАБОТКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Л. Е. Никифорова, М. А. Сподоба

Аннотация. *Обоснована модель комплексной системы исследования процессов низкоэнергетической электромагнитной обработки семян, используется методика синтеза гибридных и коллективных моделей для прогнозирования показателей развития тепличных растений. Реализация исследований по данной методике дала возможность получения оптимальных режимов обработки семян тепличных культур, обеспечивающих увеличение урожайности и снижения энергетических затрат.*

Рассмотрение модели показало, что существенное влияние на показатели эффективности предпосевной обработки семян делают электротехнологические и технологические параметры дальнейшего выращивания растений с учетом временных факторов конкретных условий окружающей среды. На основе исследования структурной схемы системы разработаны параметрические модели, использующие теорию активного планирования эксперимента. Использование схем математического моделирования и алгоритмов математического обеспечения системы исследования, с учетом внешних факторов воздействия на растения, получить статистическую имитационную модель пространственной динамики развития растения, что позволило снизить относительную погрешность прогнозирования показателей эффективности. Разработана система, предназначенная для решения возникающих проблем в электротехнологических

исследованиях по нахождению адекватных методических: математических и информационных средств определения эффективных технологических режимов СВЧ обработки семян с учетом конкретных факторов окружающей среды.

Ключевые слова: энергетические затраты, биологический объект, имитационное моделирование, методы обработки, алгоритм

MODEL OF THE ELECTRICAL ENGINEERING SYSTEM OF THE PROCESSING OF BIOLOGICAL OBJECTS OF VEGETABLE ORIGIN

L. Nikiforova, M. Spodoba

Abstract. *The models of the complex system of research of processes of electromagnetic treatment of seed which use the method of synthesis of hybrid and collective models for prognostication of indexes of development of plants are grounded in the article. Realization of researches on this method gave possibility of receipt of the optimum modes of treatment of seed of glass-cultures which provide the increase of productivity and decline of power expenses.*

Examination of the model showed that a significant impact on the performance indicators of pre-sowing seed treatment is made by electro-technological and technological parameters of further cultivation of plants, taking into account the time factors of specific environmental conditions. Based on the study of the structural scheme of the system, parametric models are developed using the theory of active experiment planning. Using mathematical modeling schemes and mathematical software algorithms of the research system, taking into account external factors affecting plants, to obtain a statistical simulation model of the spatial dynamics of plant development, which has reduced the relative error in predicting performance indicators. A system has been developed for solving emerging problems in electrical engineering research to find adequate methodological: mathematical and information tools for determining effective technological modes of microwave treatment of seeds, taking into account specific environmental factors.

Keywords: *energy costs, biological object, simulation, processing methods, algorithm*