

УДК 519.876.5: 631.53.027.32: 631.53.027.34: 633

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ УВЧ ОПРОМІНЕННЯ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Никифорова Л.Є., д.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*E-mail: etapk@ukr.net*

Смердов А.А., д.т.н.,

Петровський О.М., інженер,

Волков С.І., к.хім.н.

*Полтавська державна аграрна академія*

**Анотація** – розроблено математичну модель температурного режиму насіння, яка дозволяє визначити режими передпосівної обробки насіння УВЧ полем.

**Ключові слова** – опромінення, насіння, ультрависока частота.

*Постановка проблеми.* Аналіз тенденцій розвитку агропромислового виробництва України та розвинутих капіталістичних країнах показує, що зріст енергоматеріальних витрат на виробництво продукції рослинництва випереджає зріст врожайності. Тому наукові дослідження, що пов'язані з розробкою новітніх енерго-ресурсозберігаючих технологій, які дозволяють підвищити продуктивність рослинних біосистем є актуальними.

Накопичений досвід у вивченні реакцій біологічних об'єктів на вплив низькоенергетичного електромагнітного випромінювання показує, що інформаційна дія електромагнітного поля на метаболічні процеси в біооб'єктах відбувається лише при визначеному сполученні його параметрів (частоти, потужності, модуляції, стабільності частоти джерел випромінювання).

*Аналіз останніх досліджень.* При використанні електромагнітних полів достатньо великої потужності (теплових) для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур виникають певні проблеми пов'язані з нагріванням насіння [2]. З одного боку нагрівання є стимулюючим фактором, а з іншого надмірний нагрів може приводити до порушення функцій біомолекул, зокрема до денатурації білків.

Теоретичні й експериментальні дослідження останніх років, що проведені під керівництвом Н.Д. Девяткова, Е.М. Нефедова, Ф.І. Ізакова, І.І. Мартиненко, І.Ф. Бородіна, Г.Б. Іноземцева, Л.С. Червінського, Л.С. Кучина, А.Д. Черенкова, А.К. Черепньова та інших свідчать, що метаболічні процеси в біологічному об'єкті пов'язані з наявністю інформаційних процесів на основі електромагнітних полів міліметрового діапазону довжин хвиль.

Біофізичний аналіз процесів на молекулярному рівні в біооб'єктах показав, що інформаційна дія низькоенергетичних електромагнітних полів спрямована на азотисті структури ДНК, з якими пов'язаний механізм спадковості й мутацій, причому граничне значення енергії електромагнітного поля повинне перевищувати рівень слабких нековалентних зв'язків у макромолекулі: іонних взаємодій, водневих зв'язків і вандервальсових взаємозв'язків, тобто рівні енергії повинні лежати в інтервалі від десятків мкВт/см<sup>2</sup> до одиниць мВт/см<sup>2</sup>. Біологічна дія низькоенергетичних електромагнітних полів надзвичайно високої частоти виявлена на клітинному й організменому рівнях та пов'язане з резонансним характером поглинання електромагнітних випромінювань[3].

Пошуки первинних механізмів впливу низькоенергетичних електромагнітних полів на клітину повинні йти паралельно з вивченням молекулярних принципів будови й функціонування мембран. Причому специфічні механізми впливу електромагнітного поля, що з'ясовуються, можуть визначати відповідні електричні й магнітні властивості мембран молекул і процесів з їхньою участю.

*Формулювання мети статті.* Розробити модель температурного режиму насіння при опроміненні полями УВЧ діапазону.

*Основна частина.* Під час обробки насіння електричним полем ультрависокої частоти відбувається його нагрівання, завдяки наявності в клітинах молекул води і розчинених у воді іонів. Рух молекул води і іонів під дією змінного електричного поля високої частоти і спричиняє нагрівання.

Насіння під час обробки нагрівається нерівномірно, крім того воно контактує з навколишнім середовищем і віддає частину теплоти [3]. Таким чином спостерігається явище нерівномірності розподілу температур, а відповідно наявний процес теплопровідності.

В загальному випадку температура  $T$  в різних точках тіла змінюється з часом і за просторовими координатами. Цей процес може бути представлений загальною формулою

$$T = f(x, y, z, t), \quad (1)$$

де  $x, y, z$  – координати точки;  $t$  – час.

Функція  $f$  визначається за допомогою диференційного рівняння теплопровідності Фур'є, яке в загальному випадку має вигляд

$$\frac{\partial T_{(x,y,z,t)}}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T_{(x,y,z,t)} + q, \quad (2)$$

де  $T_{(x,y,z,t)}$  – різниця між температурою в точці з координатами  $x, y, z$  в час  $t$  і температурою навколишнього середовища, К;  $\alpha$  – коефіцієнт теплопровідності, м<sup>2</sup>/с;  $\nabla^2$  – диференційний оператор Лапласа;  $q$  – кількість теплоти, що виділяється в одиниці об'єму за одиницю часу, Вт/м<sup>3</sup>.

При обробці УВЧ полем насіння знаходиться між конденсаторними пластинами. При цьому площа бокової поверхні шару насіння набагато менша, ніж площа поверхонь конденсаторних пластин. Тому теплопередачею через бокові поверхні можна знехтувати. В такому випадку функція розподілу температур у шарах насіння буде залежати тільки від однієї координати.

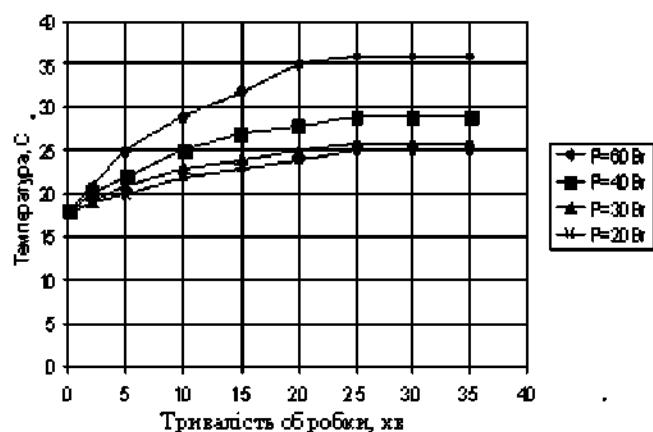
Аналіз моделі теплопровідності показує, що на початку обробки насіння УВЧ полем, коли  $t \rightarrow 0$  температура всередині шару насіння ( $x = 0$ ) росте пропорційно часу, а через тривалий час, коли  $t \rightarrow \infty$  прямує до постійної величини. Аналітичний опис такої моделі має наступний вигляд

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

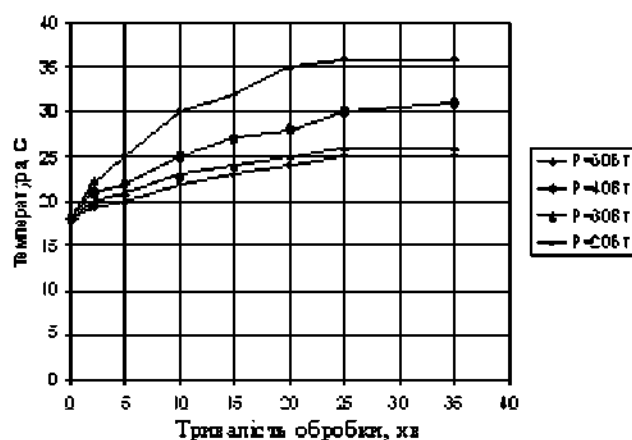
Числові значення розподілу температур в насінні можуть бути обраховані за допомогою розглянутої моделі. На рис. 1 представлені результати таких розрахунків для різних потужностей. Максимальне значення температури досягається в середньому шарі насіння, причому максимальна температура прямопропорційна потужності  $P$ .

Експериментальні результати підтверджують висновки, зроблені на основі аналізу моделі. Було взяте насіння пшениці сорту «Коломак-5» з нормальною вологістю (вологість насіння 10-12%). Зазначене насіння розділили на чотири партії.

Маса кожної партії складала 0,05кг, що приблизно становить 1000 насінин. Кожна партія поміщалась в кювету, яка в свою чергу розташовувалась між електродами УВЧ опромінювача. Проводилось опромінення з вихідною потужністю 20Вт, 30Вт, 40Вт і 60Вт. В конт-



а



б

Рис.1. Температурні режими насіння під час його обробки УВЧ полем одержані теоретично (а) і одержані експериментально (б).

рольних точках часу проводилось вимірювання температури всередині насіння, що розташовувалось в кюветі. Температура вимірювалась термопарою типу ТР-01. Температура контролювалася приладом DT9208A. Похибка вимірювання температури складала  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Температура навколишнього середовища дорівнювала  $+18^\circ\text{C}$ .

Результати дослідів практично співпали з теоретичними розрахунками. Можна зробити припущення, що з точки зору температурних режимів, опромінення насіння доцільно проводити в межах від  $+18^\circ\text{C}$  до  $+36^\circ\text{C}$ . Щоб підвищити температуру обробки необхідно, або збільшувати вихідну потужність опромінювача, або термоізолювати систему.

Водночас необхідно зазначити, що перевищення температури насіння більше  $+42^\circ\text{C}$  негативно впливає на його життєдіяльність. Навідь при короткочасному перевищенні температури частина білків, що входять до складу насіння, починають руйнуватися.

*Висновки.* Запропонована математична модель може використовуватися при розробці приладів для УВЧ обробки насіння. За допомогою моделі можливо визначити режими передпосівної обробки насіння УВЧ полем.

#### Література

1. *Никифорова Л.Є.* До пошуку режимів та діапазонів ефективного впливу на життєдіяльність сільськогосподарських біологічних об'єктів / *Л.Є. Никифорова, А.Г. Сабо* // Праці Таврійської державної агротехнологічної академії. – Мелітополь : ТДАТА, 2000. – Вип.1, т.11. – С. 44-47.

2. Электромагнитные поля в биосфере (в двух томах). Т.2. Биологическое действие электромагнитных полей / Под ред. д-ра физ.-мат. наук *Н.В. Красногорской*. – М. : Наука, 1984. – 326 с.

3. *Волькенштейн М.В.* Общая биофизика / *М.В. Волькенштейн*. – М. : Наука, 1978. – 592с.

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА УВЧ ОБЛУЧЕНИЯ ЗЕРНА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Никифорова Л.Е., Смердов А.А., Петровский О.М., Волков С.И.

*Аннотация* - разработана математическая модель температурного режима семян, которая позволяет определить режимы предпосевной обработки семян УВЧ полем.

### **MATHEMATICAL MODEL OF THERMAL MODE UHF OF THE IRRADIATION OF GRAIN OF AGRICULTURAL CROPS**

L. Nikiforova, A. Smerdov, O. Petrovsky, S. Volkov

#### *Summary*

The mathematical model of temperature condition of seed is developed, which allows to define the modes of pressed treatment of seed UHF weed.