

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИ ПРОНИКНЕННІ ОПТИЧНОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПОКРИВ БДЖІЛ

Устименко О. А., Кунденко М. П.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проведено аналіз порівняння фізичних і хімічних методів лікування бджіл. На базі отриманих даних розроблено математичну модель проникнення інфрачервоного випромінювання в покрив бджіл.

Постановка проблеми. В наш час термін інфрачервоного випромінювання відомий майже всім, але роботи, які були б зв'язані з вивченням впливу оптичного інфрачервоного випромінювання на живі організми майже не проводяться. Цей напрям в науці вважається майже не дослідженим, незважаючи на те що обмежений вплив інфрачервоного випромінювання може призводити до позитивного впливу на життєдіяльність біологічних об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість бджолиних сімей страждає від захворювання, яке супроводжується загибеллю цілих бджолосімей, що має назву Варроатоз. Це інвазійна хвороба дорослих особин бджолиної сім'ї, їх личинок і лялечок, що викликається кліщем Варроа Якобсон.

Методи боротьби з кліщем підрозділяють на два типи: хімічні та фізичні. Хімічні методи лікування бджолосімей полягають в обробці, вуликів, та всієї пасіки хімічними препаратами. Найбільш ефективними є препарати на основі: бромпропілата (препарати фольбекс, акарасана), органічних карбонових кислот (щавлева, мурашина), фенотізіна (препарати фенотіазін, варрофен і ін.) [1].

Отже, завдання наступних досліджень полягає в розробці та впровадженні в виробництво установки з методом інфрачервоного опромінення для обробки бджолосімей з метою лікування їх від кліща з найменшими втратами.

Мета статті. Розробити математичну модель для розрахунку фізичних характеристик інфрачервоного випромінювання, з метою подальшого впровадження їх в виробництво.

Основні матеріали дослідження. В загальному вигляді покрив комахи є складним оптичним неоднорідним середовищем, що в свою чергу створює складність у створенні реальної математичної моделі, яка б точно описувала процеси розподілу енергії оптичного випромінювання у структурах покриву. Тому справедливим є використання покривних рівнянь переносу променистої енергії в середовищі, що розсіює її та розроблене на базисі першого закону термодинаміки Ю. Владіміровим [2] та С. Чандрасекаром [3].

Із вище викладеного слідує, що взаємодію оптичного випромінювання із покривом комахи можна показати у вигляді спрощеної схеми, що приведена на рис. 1.

В роботі за законом Бугера-Ламберта-Бера були проведені розрахунки потоку оптичного випромінювання, що поглинається кожним шаром покриву, та виведено формулу для загального потоку оптичного

випромінювання, що ефективно поглинається товщею комахи:

$$F^e = (F_n(\lambda) - F_v(\lambda))(k_{\text{кр}}(\lambda) \left(1 - e^{-\alpha_i(\lambda)\delta_i}\right) + k_{\text{сш}}(\lambda) e^{-\alpha_i(\lambda)\delta_i} \left(1 - e^{-\alpha_i(\lambda)\delta_i}\right) + k_{\text{енд}}(\lambda) e^{-\alpha_i(\lambda)\delta_i + \alpha_i(\lambda)\delta_i} \left(1 - e^{-\alpha_i(\lambda)\delta_i}\right) + k_{\text{енд}}(\lambda) e^{-\alpha_i(\lambda)\delta_i + \alpha_i(\lambda)\delta_i + \alpha_i(\lambda)\delta_i} \left(1 - e^{-\alpha_i(\lambda)\delta_i}\right) + k_{\text{баз}}(\lambda) e^{-\alpha_i(\lambda)\delta_i + \alpha_i(\lambda)\delta_i + \alpha_i(\lambda)\delta_i + \alpha_i(\lambda)\delta_i} \left(1 - e^{-\alpha_i(\lambda)\delta_i}\right), \quad (1)$$

де $F_n(\lambda)$ - потік оптичного випромінювання, що падає на поверхню комахи;

$F_v(\lambda)$ - потік оптичного випромінювання, що відбивається від поверхні комахи;

$k_i(\lambda)$ - коефіцієнт фітобіологічної дії ефектності поглинання випромінювання випромінювання певним шаром покриву;

$\alpha_i(\lambda)$ - показник поглинання і-го шару;

δ_i - товщина і-го шару.

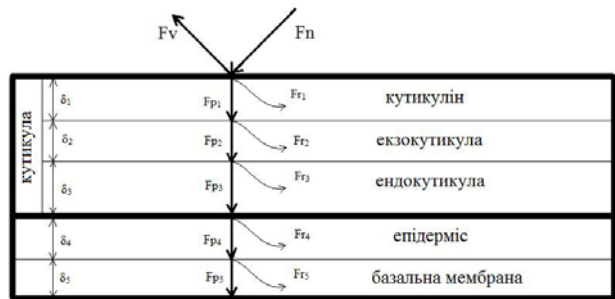


Рисунок 1 - Розподіл оптичного випромінювання, що потрапляє на поверхню покриву комахи

А також розраховано вираз для енергії поглинутого оптичного випромінювання. З огляду на закони фотобіології введемо позначення для виразу $e^{-\alpha_i(\lambda, \delta_i)\delta_i}$ через $\tau(\lambda, \delta_i)$ - експоненціальний коефіцієнт пропускання, а $1 - e^{-\alpha_i(\lambda, \delta_i)\delta_i}$ через коефіцієнт поглинання $\varepsilon(\lambda, \delta_i)$, тоді отримаємо:

$$W_p = \iiint \varphi(\lambda, t) (1 - \rho(\lambda)) k(\lambda) \varepsilon(\lambda, \delta_{1,2,3}) d\lambda dt d\delta, \quad (2)$$

або

$$W_p = \iiint \varphi(\lambda, t)(1 - \rho(\lambda))k(\lambda) \times \\ \times \left(1 - \tau(\lambda, \delta_{1,2,3})\right) d\lambda dt d\delta, \quad (3)$$

де W_p – енергія оптичного випромінювання, ефективно поглинута всім шкірним покривом комахи за час опромінення t ;

$k(\lambda)$ – відносна спектральна ефективність в певному шарі покриву з довжиною хвилі λ ;

$\varphi(\lambda, t)$ – функція спектральної інтенсивності потоку джерела оптичного випромінювання в процесі опромінення;

$\rho(\lambda)$ – коефіцієнт відбиття оптичного випромінювання поверхнею тіла комахи з довжиною хвилі λ ;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – товщини прошарків поверхні відповідно: кутикуліну, екзокутикули, ендокутикули;

$\alpha_1(\lambda, \delta_1), \alpha_2(\lambda, \delta_2), \alpha_3(\lambda, \delta_3)$ – спектральні показники поглинання оптичного випромінювання з довжиною хвилі λ по товщі прошарку відповідно: кутикуліну, екзокутикули, ендокутикули [4].

Як відомо, з означення енергія – це фізична величина, яка характеризує можливість тіла (системи тіл) виконувати роботу. Тобто, чим більшу енергію має тіло тим більшу роботу воно може виконати. Звідси

$$W_p = A = \iiint \varphi(\lambda, t)(1 - \rho(\lambda))k(\lambda)\varepsilon(\lambda, \delta_{1,2,3}) d\lambda dt d\delta, \quad (4)$$

де A – робота виконана тілом під час проникнення оптичного випромінювання в товщу покриву.

Важливою характеристикою для вибору джерела випромінювання є потужність P , Вт. За означенням потужність – це фізична величина, що дорівнює в загальному випадку швидкості зміни, перетворення, передачі або споживання енергії системи.

У більш вузькому сенсі потужність дорівнює відношенню роботи, що виконується за деякий проміжок часу, до цього проміжку часу, тобто має місце вираз

$$P = \frac{A}{t} = \frac{\iiint \varphi(\lambda, t)(1 - \rho(\lambda))k(\lambda)\varepsilon(\lambda, \delta_{1,2,3}) d\lambda dt d\delta}{t}, \quad (5)$$

З виразу (5) і закону Стефана-Больцмана (для нечорних тіл) отримуємо співвідношення для розрахунку температурних показників:

$$T = \sqrt[4]{\frac{\iiint \varphi(\lambda, t)(1 - \rho(\lambda))k(\lambda)\varepsilon(\lambda, \delta_{1,2,3}) d\lambda dt d\delta}{t\varepsilon\sigma}}, \quad (6)$$

де ε – ступінь чорноти;

$$\sigma \approx 5,67 \cdot 10^{-8}, \frac{Wm}{m^2 K^4} \quad \text{– постійна Стефана-}$$

Больцмана;

T, K – температура.

Висновки. З отриманих виразів (2) та (3) видно, що енергія затрачена на утворення продукту конкретної фітобіологічної реакції в товщі покриву комахи залежить від спектрального складу джерела $\varphi(\lambda, t)$ в період опромінення, ефективності фітобіологічної реакції $k(\lambda)$, спектрального коефіцієнта відбиття $\rho(\lambda)$ поверхневого покриву комахи, а також спектральних коефіцієнтів поглинання $\varepsilon(\lambda, \delta_i)$ та пропускання $\tau(\lambda, \delta_i)$ відповідних шарів покриву.

Список використаних джерел

1. Прудка О. А. Оцінка впливу інфрачервоного випромінювання на біологічні об'єкти / О. А. Прудка, М. П. Кунденко, І. М. Шинкаренко // Науково-технічний журнал "Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології". - 2016. - №1 (4). – С. 59-61.
2. Владимиров Ю. А. Первичные физико-химические стадии действия УФ излучения на белки / Ю. А. Владимиров // Ультрафиолетовое излучение. - М.: Медицина, 1996. – Вып. 4. – С. 5-13.
3. Червынский Л. С. Установка для ультрафиолетового облучения / Л. С. Червынский, Ю. Н. Лавриненко, М. М. Моисеев, М. П. Андреев // А.С. 16833596. - Бюл. 38. – 1991.
4. Кунденко М. П. Математична модель впливу проникнення оптичного інфрачервоного випромінювання в покрив бджіл / М. П. Кунденко, О. А. Прудка // Науковий вісник Таврійського державного агротехнічного університету. -- 2017. - Вип.7. - Т. 1. – С. 11-22.

Аннотация

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПРОНИКНОВЕНИИ ОПТИЧЕСКОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПОКРОВ ПЧЕЛ

Устименко О. А., Кунденко Н. П.

Проведен анализ сравнения физических и химических методов лечения пчел. На базе полученных данных разработана математическая модель проникновения инфракрасного излучения в покров пчел.

Abstract

MATHEMATICAL MODEL FOR THE DETERMINATION OF TEMPERATURE INDICATORS IN IMPLEMENTATION OF OPTICAL INFRARED RADIATION IN BODY CURRENT

O. Ustymenko, N. Kundenko

The analysis of comparison of physical and chemical methods of treatment of bees is carried out. On the basis of the obtained data a mathematical model of penetration of infrared radiation in the cover of bees was developed.