

## УЗАГАЛЬНЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДАЧІ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В ЗОВНІШНЬОМУ ПОКРИВІ БДЖОЛИ

Кунденко М. П., Устименко О. А., Кравченко П. О.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Розроблено математичну модель проникнення інфрачервоного випромінювання в покрив бджіл. Визначено механізм проходження інфрачервоного випромінювання через структурні покриви бджоли.

**Постановка проблеми.** Пошук оптимального методу обробки бджолиних сімей при лікуванні від вароозу потребує обґрунтованого вибору, найбільш доцільним для вибору певного методу обробки є побудова ефективної математичної моделі проникнення енергії оптичного інфрачервоного випромінювання в товщу покриву бджоли. Якщо говорити про вибір методу обробки бджолосімей то слід враховувати фактори впливу на комах: малий відсоток позитивного результату; підвищена смертність комах, в зв'язку з не перенесенням високих температур при обробці; отримання екологічно чистої продукції бджільництва після обробки; мінімальні затрати уречевленої праці спеціалістів та ін.. Незважаючи на це, загальнопоширеними методами боротьби з кліщем *Varroa destructor* на сьогоднішній день є термообробка, та обробка хімічними препаратами. Підтвердженням цього можуть бути роботи В. Г. Серокурова, В. М. Котова, В. Н. Гребнева [1], В. І. Шипунова [2], що зв'язані з різноманітною термічною обробкою бджіл, але ці методи мають певні недоліки, та вимагають більш детального доопрацювання. Це свідчить про те, що тематика досліджень, присвячених ефективному лікуванню бджіл від вароозу, а саме обробка комах за допомогою опромінення оптичним інфрачервоним випромінюванням є актуальною на сьогоднішній день.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проведення якісного опромінення бджіл з найвищими показниками ефективності, пов'язане з певними труднощами, а саме зоологічним та технічними напрямками формування досліду.

По-перше, в досліді фізичної обробки найближчого аналогу, а саме термообробки є одним із найважливіших недоліків створення умови, а саме підвищення температури до 46-48 °С протягом 15-30 хвилин, що ставить на межу виживання фізіологічні можливості бджіл, які проходять термообробку. Також до недоліків цього методу лікування можна віднести: - значні втрати уречевленої праці фахівців; - низька продуктивність установок; - низький коефіцієнт використання технологічного обладнання та ін..

По-друге, в досліді хімічної обробки бджіл важливими недоліками є токсичність акарицидів не тільки для самого кліща, але й для бджіл та споживачів бджоло продуктів, що не слугує запорукою отримання біологічно чистої продукції. Окрім того кліщі *Varroa destructor* мають здатність набувати стійкість до хімічних акарицидів, і хімічна обробка перестає бути взагалі ефективною.

По-третє, в досліді біологічної обробки бджіл основними недоліками є:

- обмеження температури навколишнього середовища, яка не повинна бути нижче 16 °С;

- складність способу обробки, через що потрібно розбирати вулик та виймати рамки, що призводить до негативних наслідків впливу на саму бджолину сім'ю, так як гніздо та розплід за час обробки можуть охолонути, а в самому гнізді після проведення лікування зростає вологість, то біологічна обробка також може спричинити утворення грибка у вулику;

- тривале лікування препаратом викликає звикання до його компонентів та з часом перестає бути ефективним.

Дослідницька робота в даному напрямку дозволила розробити методіку на основі фізичного методу обробки бджіл, що враховує недоліки попередніх методів та сприяє більш якісному лікуванню комах від вароозу. А також розробити математичну модель для розрахунку важливих критичних показників.

**Мета статті.** Метою проведених досліджень є детальне вивчення проникнення інфрачервоного випромінювання в зовнішні покриви бджоли з подальшим розрахунком основних параметрів, що можуть впливати на життєдіяльність комах.

**Основні матеріали дослідження.** В загальному вигляді покрив комах 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.

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 комах:

$$F^e = (F_n(\lambda) - F_v(\lambda))(k_{kr}(\lambda)(1 - e^{-\alpha_1(\lambda)\delta_1}) + k_{okz}(\lambda)e^{-\alpha_1(\lambda)\delta_1} \times \\ \times (1 - e^{-\alpha_2(\lambda)\delta_2}) + k_{end}(\lambda)e^{-\alpha_1(\lambda)\delta_1 + \alpha_2(\lambda)\delta_2})(1 - e^{-\alpha_3(\lambda)\delta_3}) + \\ + k_{end}(\lambda)e^{-\alpha_1(\lambda)\delta_1 + \alpha_2(\lambda)\delta_2 + \alpha_3(\lambda)\delta_3}(1 - e^{-\alpha_4(\lambda)\delta_4}) + \\ + k_{baz}(\lambda)e^{-\alpha_1(\lambda)\delta_1 + \alpha_2(\lambda)\delta_2 + \alpha_3(\lambda)\delta_3 + \alpha_4(\lambda)\delta_4}(1 - e^{-\alpha_5(\lambda)\delta_5}), \quad (1)$$

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

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

$k_i(\lambda)$  - коефіцієнт фітобіологічної дії ефективно-

сті поглинання випромінювання випромінювання певним шаром покриву;

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

$\delta_i$  - товщина і-го шару.

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

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

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  $\lambda$ ;

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

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

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$  - товщини прошарків поверхні відповідно: кутикуліну, екзокутикули, ендоктикули;

$\alpha_1(\lambda, \delta_1), \alpha_2(\lambda, \delta_2), \alpha_3(\lambda, \delta_3)$  - спектральні показники поглинання оптичного випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda$  по товщі прошарку відповідно: кутикуліну, екзокутикули, ендоктикули [3].

За законом Стефана-Больцмана (для нечорних тіл) отримуємо співвідношення для розрахунку температурних показників:

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

де  $\varepsilon$  - ступінь чорноти;

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

Больцмана;

$T, K$  - температура.

За законом зміщення Віна, маємо можливість для розрахунку максимальної довжини хвилі  $\lambda_{\max}$ , м

джерела випромінювання:

$$\lambda_{\max} = 0,00299 \left( \frac{tE\sigma}{W_p} \right)^{\frac{1}{4}}. \quad (5)$$

Аналізуючи співвідношення (5), зазначимо, що максимальна довжина хвилі джерела випромінювання залежить від повної енергії, що поглинається покривом комахи  $W_p$ , часу опромінення  $t$ , ступеня чорноти тіла  $E$  та двох постійних величин.

**Висновки.** Побудовано математичну модель проникнення ефективного потоку оптичного інфрачервоного випромінювання в товщу покриву бджоли з урахуванням підшкірної структури.

Проведено розрахунки виразів критичних показників, що потрібні для розробки певної установки.

### Список використаних джерел

1. Способ термообработки пчел при варроатозе: пат. 1496737 А1 СССР. № 4100112/30-15; заявл. 28.05.86; опубл. 30.07.89. - Бюл. № 28.
2. Способ тепловой обработки пчел: пат. 2258359 С2 Российская Федерация. № 200310601/12; заявл. 20.10.2003; опубл. 20.08.2005. - Бюл. № 23.
3. Кунденко М. П., Прудка О. А. 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. - 11-22 с.

### Аннотация

#### ОБОБЩЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В НАРУЖНЫХ ПОКРОВАХ ПЧЕЛЫ

Кунденко Н. П., Устименко О. А., Кравченко П. А.

*Разработана математическая модель проникновения инфракрасного излучения в покров пчелы. Определен механизм прохождения инфракрасного излучения через структурные покровы пчелы.*

### Abstract

#### GENERALIZATION OF THE PROCESSES OF TRANSFERRING AND TRANSFORMATION OF ENERGY IN EXTERNAL COVERS OF BEES

N. Kundenko, O. Ustyimenko, P. Kravchenko

*A mathematical model of the penetration of infrared radiation in the cover of a bee has been developed. The mechanism of transmission of infrared radiation through the structural covers of a bee has been determined.*