

УДК 631.171:632.937

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС РОЗВЕДЕННЯ МАТОЧНОЇ КУЛЬТУРИ ЗЕРНОВОЇ МОЛІ

**В.І. Доровських**, канд. техн. наук

*Інженерно-технологічний інститут “Біотехніка” НААН України*

---

*Розглянуті завдання створення безперервної енергозберігаючої технології розведення зернової молі та керування технологічним комплексом.*

---

**Проблема.** Оперуючи поняттями технологічна операція (ТО), стадія розвитку ентомокультури (СР), обладнання (О), має місце таке уявлення ситотрожного виробництва (рис. 1). Тут позначкою “→” відмічено транспортні вузли (візки) переміщення матеріальних потоків (зернові касети, касети з імаго, пакети з яйцем). Кожна ТО з апаратним забезпеченням (О) характеризується регламентними значеннями параметрів технологічного процесу (температура, вологість зерна при зберіганні; температура, вологість зерна і тривалість обробки при кондиціюванні; температура, вологість повітря при підготовуванні яйця і зерна; температура, вологість зерна при розвитку гусениці у зернівці; температура, вологість повітря при кладці яєць та їх короткочасному зберіганні).

Поєднання ТО ділянки № 2, ситотрожного цеху № 3 перспективно за ознаками і показниками: безперервності технологічного процесу (ТП) від стадії “підготовування яєць” — “збирання імаго”, спостережуваності та керованості ТП, енергозатратах, якості ентомопродукції, трудомісткості, продуктивності ТП, що і визначило зміст роботи.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Класична технологія (далі — касетна) промислового виробництва ситотроги (зернової молі) та її апаратне насичення (основне виробництво) закріплені нормативною базою, методичними вказівками, рекомендаціями, настановами на виробництво [1–4]. Біологічний аспект розведення є основним при вирішенні завдань створення оптимальних умов розвитку ентомокультури на різних її стадіях та вироблення стратегії удосконалювання технічних систем (технологія, обладнання, інформаційно-керуючі комплекси (ІКК)). В касетній технології об’єктом досліджень були зернові касети



Рис. 1. Блок-схема ТП виробництва зернової молі

(конструкція, габаритність), установлений кут їх нахилу в зернових боксах, спеціалізовані системи кондиціювання повітря (СКП) для виробничих приміщень та зернових боксів (ситотрошний цех).

Аналіз регламентних значень параметрів життєзабезпечення ентомокультури для  $ТО_2$ ,  $ТО_3$ ,  $ТО_4$ ,  $ТО_5$  (див. рис. 1) (температура, вологість повітря (ячменю), фотоперіод — нормативні значення), діапазону їх змінювання на різних СР ситотроги (5), інших впливів факторів (біотичні, технологічні) на якісні показники визначає необхідність створення технічної системи (інструменту), яка гарантує кількісні та якісні показники виробництва ентомокультури.

**Мета дослідження:** 1) дослідження сорбційних властивостей термооброблених мас ячменю при активному вентиляванні та їх аналітичний опис; 2) розробка ТП виробництва ситотроги в одному технологічному модулі ( $ТО_2$ ,  $ТО_3$ ,  $ТО_4$ ); 3) розробка ІКК ТП.

#### Результати досліджень.

**1. Сорбційні властивості термооброблених мас ячменю.** Уточнювалася залежність рівноважної вологості термічно обробленого зерна  $\varphi_p$  від параметрів температури зерна  $T_3$  та вологості повітря  $\varphi_p$  при активному вентиляванні шару зерна, який розташований у спеціалізованій касеті висотою  $H_k=40$  мм. Остання при експерименті була розташована у міні-боксі та протягом трьох діб оброблялась кондиційованим повітрям (один експеримент). Були фіксованими параметри  $\varphi_p$ ,  $T_3$ ,  $\varphi_p$ .

Дані 30 дослідів порівнювались з тестовими табличними даними для рівноважної вологості ячменю при  $T_3=25^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_{\text{П}}=60; 75; 90$  (%). Вимірювання вологості ячменю було зроблено зерновим повітроміром (тип РМ 4043 — виробництво Японія). Систематична помилка між вимірюваними значеннями  $\varphi_{\text{Р}}$  та тестовими табличними була 3,6%,  $\varphi_{\text{Рe}}-\varphi_{\text{Рт}}=-3,6\%$ , де  $\varphi_{\text{Рe}}$  — експериментальне значення;  $\varphi_{\text{Рт}}$  — табличне значення рівноважної вологості зерна), що свідчить про змінювання сорбційних властивостей зернової маси, підданої термічній обробці (у нашому випадку — гарячою водою ( $T_{\text{в}}=97^\circ\text{C}$ ) протягом 2,5 хв з наступним відволоженням).

Виявлена закономірність дозволила скоректувати залежність  $\varphi_{\text{Р}}=f(\varphi_{\text{П}}, T_3)$  [6] та подати її у вигляді:

$$\varphi_{\text{Р}}=(19,7-0,075T_3)p-0,723-0,035T_3, \quad (1)$$

де  $p=\lg[1/(1-\varphi_{\text{П}})]^{1/2}. \quad (2)$

Рівняння (1) діє у діапазоні  $0,5<\varphi_{\text{П}}<0,85$ ;  $0^\circ\text{C}<T_3<80^\circ\text{C}$ . У діапазонах регульованих значень  $\varphi_{\text{П}}=70\dots95\%$ ,  $T_3=10\dots30^\circ\text{C}$  для точки  $\varphi_{\text{Р}}=16\%$  був одержаний вираз у вигляді:

$$\varphi_{\text{Р}}=16+0,22\Delta\varphi_{\text{П}}-0,045\Delta T_3, \quad (3)$$

що свідчить про більшу чутливість вологості зерна до каналу керування  $\varphi_{\text{П}}$ , ніж до каналу  $\Delta T_3 \rightarrow \varphi_{\text{Р}}$  (більш як у 4,5 раза). Останнє пред'являє підвищені вимоги до прецизійності каналу керування вологістю  $\varphi_{\text{П}}$  та реалізації інформаційної підсистеми збирання та обробки інформації.

**2. Розробка ТП.** Проходження стадій розвитку ентомокультури у технологічному модулі (СР: гусениця—передлялечка—лялечка—імаго) базується на використанні спеціалізованих зернових касет, сформованих у пакети, з наявністю технологічних повітророзподільників трьох типів. У зазначеній послідовності у відповідності з часовими інтервалами встановлення повітророзподільників забезпечує проходження усього циклу розвитку ентомокультури. Цим забезпечується мінімізація втрат гусениці при відродженні та прецизійність параметрів середовища розвитку ентомокультури (температура і вологість повітря, температура і вологість зерна). Розроблена енергозберігаюча технічна система у вигляді комплексу з 4 модулів (див. рис. 2) і підсистеми, що забезпечує параметри життєзабезпечення (розподілена система кондиціювання повітря), гарантує прецизійність параметрів розвитку ентомокультури на всіх її стадіях.

**2.1. Апаратна реалізація комплексу.** Модулі технологічні є замкнутими об'ємами, усередині яких розміщені робочі органи (пакети зернових касет). У верхній частині модулів розташовані світлові блоки, пере-

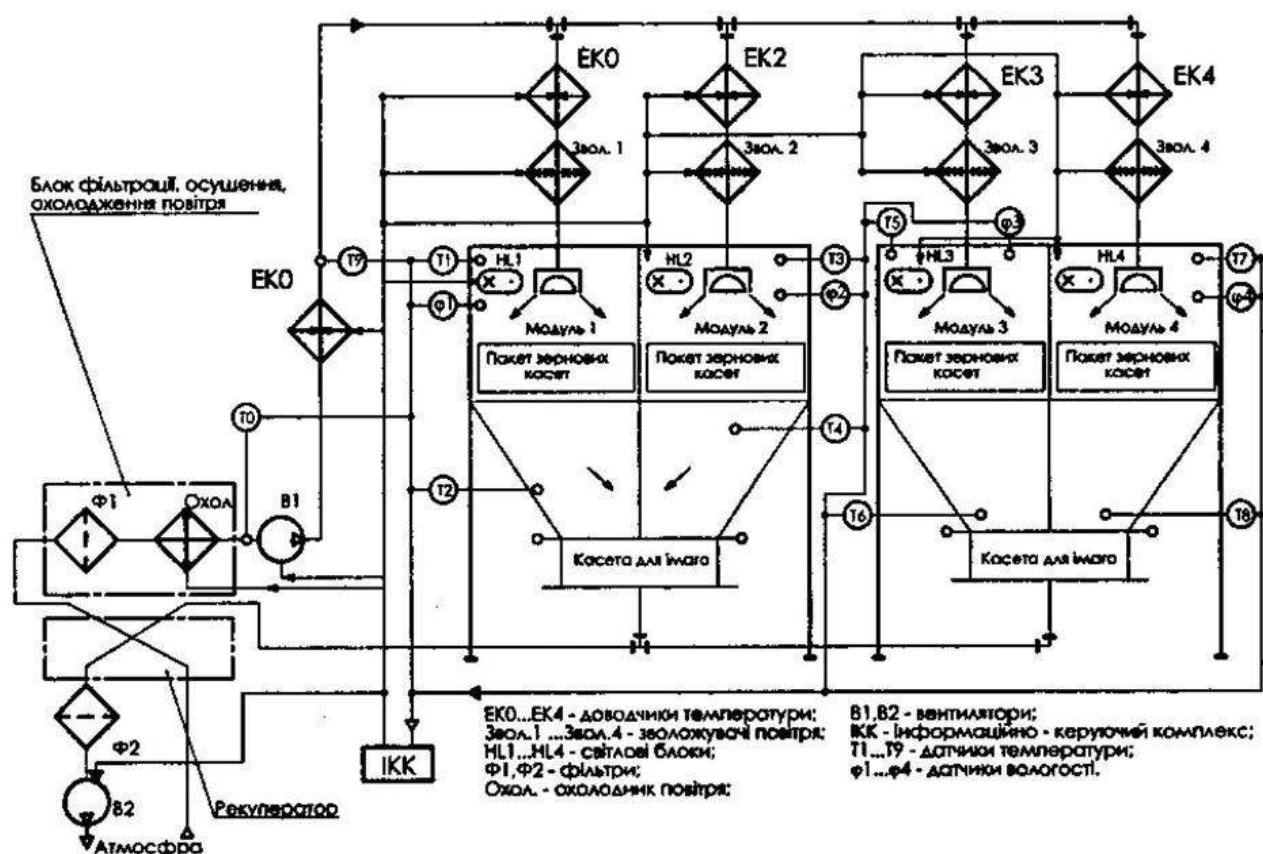
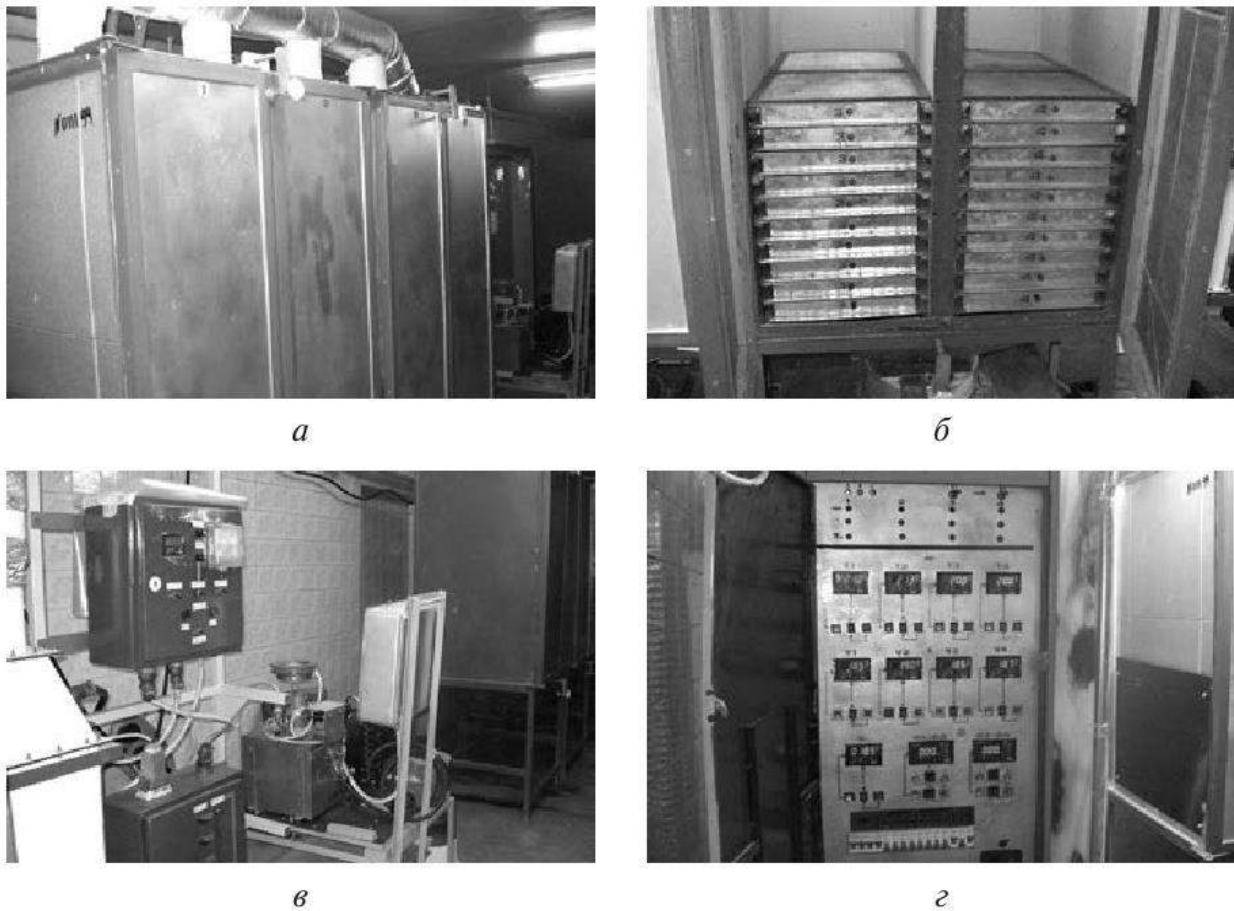


Рис. 2. Енергозберігаюча технічна система маточної культури ситотроги (експериментальний зразок)

творювачі температури та вологості повітря, у нижній — устаткування відбору імаго. Реалізація комплексу була зведена до реконструкції двох промислових зернових боксів, виготовлення робочих органів (зернових касет; повітророзподільників; блока фільтрації, осушки, охолодження повітря, а також доводчиків температури та вологості повітря з вузлами вентилявання). На рис. 3 (а, б, в) наведені основні технологічні вузли технологічного комплексу на 4 модулі.

Доводчиками вологості є ультразвукові зволожувачі повітря (Звол. 1, Звол. 2, Звол. 3, Звол. 4) з функціональними можливостями змінювання інтенсивності зволоження по воді, що важливо при ускладнюванні структур контурів керування вологістю та підвищенні надійних характеристик доводчиків вологості.

**2.2. Розробка ІКК.** Експериментальний зразок ІКК (див. рис. 3, г), скомпонований у вигляді стійки та двох автономних щитів, дозволяє виконати експериментальну частину досліджень по відпрацюванню регламентів ТП не тільки ситотроги, але й інших ентомокультур.



**Рис. 3.** Технологічні модулі: *а* — загальний вигляд; *б* — реконструйований типовий бокс на модулі з пакетами зернових касет; *в* — блок фільтрації, осушення, охолодження повітря; *г* — інформаційно-керуючий комплекс технічної системи

Функції ІКК: вимірювання параметрів  $T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8, T_9$  (температура),  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$  (вологість) у вказаних точках розподіленої системи кондиціонування повітря; регулювання (стабілізація) параметрів  $T_0, T_9, T_2, T_4, T_6, T_8, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ ; керування фотоперіодом в модулях 1–4 (НЛ1, НЛ2, НЛ3, НЛ4); блокування функціонування доводчиків температури ЕК0, ЕК1, ЕК2, ЕК3, ЕК4 при перевищенні значень температури повітря відповідно у точках  $T_9, T_1, T_3, T_5, T_7$  (технологічні уставки по захисту ентомокультури та виключенню аварійних ситуацій) та стану вентиляторів В1, В2 (ввімкнено, вимкнено).

Структури контурів керування параметрами стану технологічного комплексу як об'єкта керування (див. рис. 2)  $T_0 \rightarrow$  Охол.,  $T_9 \rightarrow$  ЕК0,  $T_2 \rightarrow$  ЕК1,  $T_4 \rightarrow$  ЕК2,  $T_6 \rightarrow$  ЕК3,  $T_8 \rightarrow$  ЕК4,  $\varphi_1 \rightarrow$  Звол.1,  $\varphi_2 \rightarrow$  Звол.2,  $\varphi_3 \rightarrow$  Звол.3,  $\varphi_4 \rightarrow$  Звол. 4 містять регулятори з ПІД законом регулювання, що гарантує на етапі експериментальних досліджень отримання

об'єктивної інформації за параметричними аналогами якості ентомокультур [5], скорочення пошукових робіт щодо структурного синтезу систем керування якістю ентомопродукції для багатоланкових ТП (завдання верхнього рівня).

#### **Висновки.**

1. Енергозберігаюча технічна система є інструментарієм для досліджень параметричного впливу на якісні біологічні показники інших ентомокультур, для створення прогностичних моделей продукції, що виробляється як за кількістю, так і за її якістю.

2. Стосовно ситотроги як ентомокультури, технічна система є аналогом створення безперервного технологічного процесу виробництва ситотроги.

3. Економічна ефективність за показниками енергозатрат, виробничої площі, що займає, та трудомісткості робить її доцільною при реконструкції парку механізованих ліній для біофабрик і біолабораторій.

#### **БІБЛІОГРАФІЯ**

1. *Методические указания по промышленному производству трихограммы на биофабриках.* — М.: ВАСХНИЛ, 1983. — С. 25–40.
2. *Рекомендации по размножению и использованию трихограммы в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур.* — К.: Урожай, 1974. — С. 7–10.
3. *Руководство по размножению и применению трихограммы для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур.* — К.: Изд-во АН УССР, 1949. — С. 70–89.
4. *Міль зернова.* ТУ У 01.2-00011050-249.2005. — К.: Міністерство аграрної політики України, 2005. — 22 с.
5. *Створити інформаційне і методичне забезпечення для оцінювання якості ентомопродукції; Звіт про НДР (проміжний) / ІТІ “Біотехніка” УААН; керівник В.І. Доровських.* — 43.03/015.01; № держреєстрації 0106U008501. — Одеса, 2009. — 29 с.
6. *Мельник Б.Е., Малин Н.И.* Справочник по сушке и активному вентилированию зерна. — М.: Колос, 1980. — 175 с.

#### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС РАЗВЕДЕНИЯ МАТОЧНОЙ КУЛЬТУРЫ ЗЕРНОВОЙ МОЛИ**

*Рассмотрены задачи создания непрерывной энергосберегающей технологии разведения зерновой моли и управления технологическим комплексом.*

#### **ENERGY-EFFICIENT AUTOMATED COMPLEX FOR BREEDING OF UTERINE CULTURE OF CEREAL MOTH**

*We've considered problems of the formation of the persistent energy-efficient technology for breeding of cereal moth and of control of the technological complex.*