

УДК 636.5252/58:62 503.51

В.П.Лисенко, В.Л.Щербатюк

Національний університет біоресурсів і природокористування України

АДАПТИВНЕ ЕНЕРГООЩАДНЕ УПРАВЛІННЯ УМОВАМИ УТРИМАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ В АГРОПРОМИСЛОВИХ СПОРУДАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗБУРЕНЬ ТА МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ІГОР

У роботі запропоновано систему адаптивного управління процесом утримання біологічних об'єктів сільськогосподарського призначення, критерієм управління якої є максимізація прибутку від реалізації виробленої продукції, у тому числі і за рахунок зменшення енергетичних затрат на отримання цієї продукції шляхом введення особливої підсистеми прийняття рішень. Остання за допомогою блоку розпізнавання образів здатна прогнозувати збурення на технологічний об'єкт, які мають характер стохастичних невизначеностей. Блок прийняття рішень у цій підсистемі розраховує оптимальні алгоритми зміни параметрів утримання біологічних об'єктів, використовуючи при цьому методи теорії стохастичних рішень.

Ключові слова: біологічні об'єкти, агропромислові споруди, теорія ігор, прогнозування збурень, енергоощадне управління.

Продукція сільського господарства є результатом функціонування біологічних об'єктів рослинного або тваринного походження. Тому управління технологічними процесами в АПК, зводиться до управління параметрами, що забезпечують найбільш ефективну життєдіяльність зазначених біологічних об'єктів. А метою управління є оптимізація показників ефективності життєдіяльності цих рослин і тварин.

Відомі системи управління мікрокліматом у сільськогосподарських спорудах для виробництва продукції тваринного походження, які стабілізують параметри мікроклімату у визначених межах, що забезпечує максимальну продуктивність біологічних об'єктів [1, 2]. Недоліком таких систем є необґрунтована в сучасних економічних умовах затрата енергетичних ресурсів для забезпечення їх функціонування.

Існують також системи управління, які забезпечують максимальний прибуток при утриманні [3, 4]. Такі системи теж передбачають стабілізацію параметрів мікроклімату, але із врахуванням енергетичних та матеріальних затрат на утримання біологічних об'єктів. Для реалізації таких систем вводиться адаптивний контур, який розраховує параметри мікроклімату, які слід стабілізувати. При цьому використовується інформація про залежність продуктивності та матеріальних витрат від значень параметра мікроклімату і тривалості утримання біологічного об'єкту, обсягів енергетичних витрат на його утримання, а також вартісні показники продукції, що виробляється. Для вибору оптимального значення параметра в системах [3, 4] застосовують методи нелінійного програмування. Проте такі системи управління не враховують зміни збурюючих дій, зокрема, температурних, на технологічний об'єкт протягом усього періоду утримання та реалізують виключно режим стабілізації параметрів, що не завжди є ефективним. Застосування подібних систем призводить до зменшення енергетичних витрат тільки до 5% порівняно із системами [1, 2].

При підготовці до утримання біооб'єктів та в процесі їх утримання, який для різних об'єктів може тривати від місяця до кількох років, локальних показників ефективності є багато. Але основними слід вважати такі:

- потрібно створити такі умови існування, які б не дали можливості загинути біооб'єкту незалежно від зміни зовнішніх збурень або забезпечити найменший відсоток втрат окремих, найменш витривалих його представників;
- отримати найвищу можливу продуктивність біооб'єкта за час його утримання;
- мінімізувати витрати матеріальних, енергетичних та трудових ресурсів на утримання біооб'єкта;
- отримана продукція повинна відповідати певним параметрам якості.

Кількісно показники ефективності найчастіше подаються у вигляді функціоналів:

$$I = \int_{t_n}^{t_k} f(x, u) dt \rightarrow \min(\max), \quad (1)$$

де $f(x, u)$ – функція, яка залежить від стану об'єкта x і прийнятого рішення щодо управління процесом u за весь час його утримання від початку t_n до закінчення технологічного процесу t_k .

Або у вигляді їх дискретних аналогів у вигляді суми:

$$I = \sum_{k=0}^n f_k(x, u) \rightarrow \min(\max), \quad (2)$$

де k – дискретний часовий параметр.

Такими показниками якості виробництва сільськогосподарської продукції можуть бути охарактеризовані досягнення максимуму продуктивності біооб'єктів із урахуванням їх якості, зведення до мінімуму того чи іншого виду витрат на утримання тощо.

Деякі показники ефективності можна подати у вигляді обмежень на стан біооб'єкта. Так, неможливість загибелі біооб'єкта подається заданою, дуже малою ймовірністю перебування його в приграничних зонах, якщо відомо, що при досягненні границі біооб'єкт гине.

Прийняття рішень щодо управління умовами утримання біологічних об'єктів за допомогою розглянутих показників ефективності в сільському господарстві є досить складною задачею. Стан біооб'єкта не є результатом тільки детермінованих дій, а залежить від випадкових збурень [5, 6] обумовлених метеоумовами, які не можуть бути передбаченими і точно визначеними. Таким чином, необхідно приймати рішення з управління в умовах невизначеності. Такий показник ефективності залежить ще й від випадкових факторів.

$$I = \int_{t_n}^{t_k} f(x, y, u) dt \rightarrow \min(\max), \quad (3)$$

де y – невизначені умови або фактори.

У цьому випадку задача знаходження оптимального рішення щодо управління умовами утримання біологічних об'єктів формулюється таким чином: при заданому стані x із врахуванням невідомих факторів y у знайти таке управління u , яке б за можливістю звело до максимуму показник ефективності процесу I . Застереження "за можливістю" перетворює задачу в категорію задач, в яких вибір рішення здійснюється в умовах невизначеності.

Оскільки невизначеності у сільському господарстві є до певної міри статистично визначені, розв'язок таких задач зводиться до знаходження математичного сподівання показника якості:

$$\bar{I} = M[I]. \quad (4)$$

Таким чином, найбільш прийнятним буде критерій, який максимізує прибуток, що дорівнює різниці доходу від реалізації отриманої продукції та вартості основних витрат на її виробництво. При цьому невизначеність стану об'єкта залишається. Крім того, у задачі обов'язково має враховуватись обмеження на ймовірність загибелі біооб'єкта або певний відсоток втрат його представників.

При таких критеріях якості та обмеженнях здійснюється управління біологічними об'єктами в природних умовах. Так для біооб'єктів рослинного походження вибираються строки висадки або висіву, види обробки і внесення добрив, поливи, строки збору врожаю тощо.

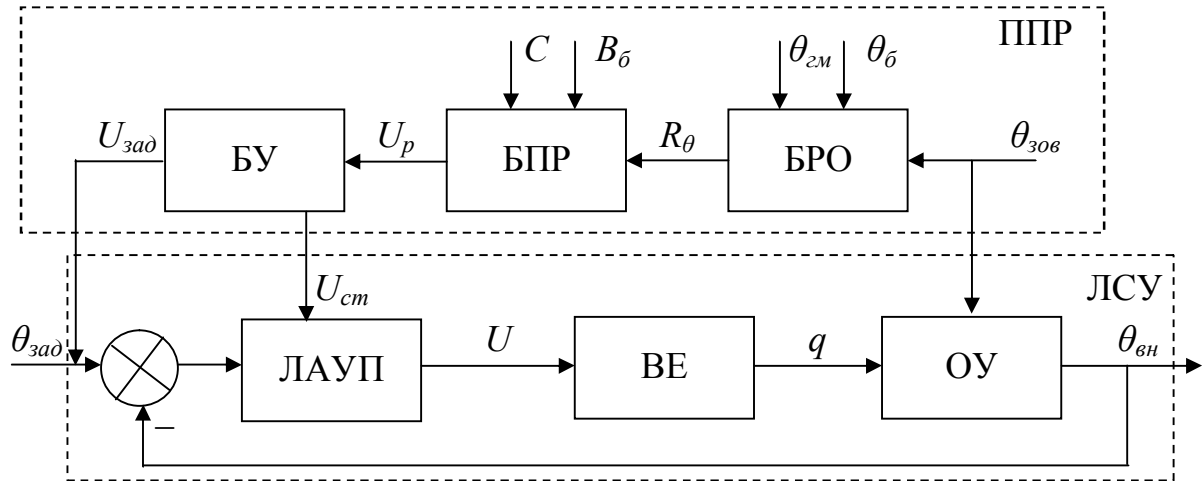
За умов промислового виробництва сільськогосподарської продукції біооб'єкти знаходяться в приміщеннях, оснащених обігрівальним та вентиляційним обладнанням, здатним підтримувати необхідні параметри мікроклімату. Враховуючи, що для кожного виду біооб'єкта існує певна комфортна зона, якій відповідає найвища продуктивність, а також зважаючи на низьку вартість енергетичних витрат в минулому, алгоритмами функціонування приміщень для біологічних об'єктів були алгоритми стабілізації параметрів мікроклімату.

Отже, раціональною є задача створення системи управління процесом утримання біологічних об'єктів сільськогосподарського призначення у промислових приміщеннях з максимізацією прибутку від реалізації виробленої продукції у тому числі і за рахунок зменшення енергетичних затрат на отримання цієї продукції. Для цього організується підсистема прийняття рішень.

У цілому система управління являє собою дворівневу адаптивну автоматичну систему, функціональна структура якої показана на рисунку.

Система управління процесом утримання біологічних об'єктів (на прикладі адаптивної системи управління температурою у промисловому пташнику) складається з таких блоків:

- підсистеми прийняття рішень (ППР), яка включає блок розпізнавання образів (БРО), блок прийняття рішень (БПР), блок управління (БУ);
- локальної системи управління (ЛСУ), що складається з локального автоматичного управляючого пристрою (ЛАУП), виконавчих елементів (ВЕ), об'єкта управління (ОУ).



Функціональна схема адаптивної системи управління температурою у промисловому пташнику

При утриманні біологічних об'єктів у промислових спорудах сільського господарства основними збуреннями є природні зміни температури протягом усього періоду виробництва сільськогосподарської продукції.

Багаторічні спостереження зміни зовнішніх природних температурних збурень показали, що останні є реалізаціями нестационарного випадкового процесу, які можна поділити на ділянки, що становлять реалізації стаціонарного процесу або стаціонарного з детермінованими складовими (квазістаціонарного) [8]. Кожна така ділянка є образом збурення і визначається або тільки статистичними характеристиками, або з додаванням до цих характеристик детермінованих складових. Тривалості образів з однаковими стохастичними характеристиками можуть бути від 50 до 500 годин (середня тривалість – 100...120 годин). Загальна кількість можливих образів залежить від територіального розміщення технологічного об'єкту і в межах України може становити від 350 до 700. Має місце частина річних реалізацій із суттєвими нестационарностями. Ці реалізації не визначаються жодним із образів. Їх частка становить 2...5% від загальної кількості.

Математичні моделі випадкових складових таких образів збурень можуть бути подані за допомогою стохастичних диференціальних рівнянь:

$$\frac{dX(t)}{dt} + \alpha X(t) = AV(t) \text{ та } \frac{d^2X(t)}{dt^2} + \beta \frac{dX(t)}{dt} + \gamma X(t) = B \left[\frac{dV(t)}{dt} + \xi V(t) \right], \quad (5)$$

де $X(t)$ – стаціонарний випадковий процес із нульовим математичним сподіванням; $V(t)$ – білий шум із одиничною інтенсивністю; $\alpha, \beta, \gamma, \xi, A, B$ – сталі коефіцієнти, які визначаються із статистичних характеристик образів. Характеристиками детермінованих складових є амплітуда і фаза добових коливань, а також кут нахилу зміни математичного сподівання збурень.

Таким моделям відповідає нескінченна кількість можливих реалізацій, тому вибір управляючих дій слід здійснювати в умовах невизначеності з відомими статистичними характеристиками. Вибір оптимальних стратегій управління проводиться за десятьма реалізаціями образу, які приймаються за стратегії природи. Оцінка кожної стратегії управління виконується методами теорії ігор і статистичних рішень шляхом аналізу платіжної матриці [7] (таблиця).

Платіжна матриця для оцінки стратегій управління

$A_i \backslash P_j$	P_1	P_2	...	P_m
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1m}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2m}
...
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nm}

P_j – стратегії природи; A_i – стратегії управління; a_{ij} – значення основних складових прибутку при утриманні біооб'єкта при i -тій стратегії управління та j -ій стратегії природи за час дії такого збурення.

$$a_{ij} = c_{np} N_{np} - (c_k L_k + c_{en} E_{en}), \quad (6)$$

де c_{np} , c_k та c_{en} – вартості одиниці продукції, одиниці матеріальних затрат та одиниці енергетичних затрат відповідно; N_{np} – кількість продукції, виробленої за час дії поточного збурення; L_k – кількість матеріальних затрат за цей же час; E_{en} – кількість енергетичних затрат відповідно.

Покажемо, яким чином цей підхід реалізується в системі управління (рисунок). Вибір найбільш ефективної стратегії управління в першу чергу залежить від того, з якою точністю система управління умовами утримання біологічних об'єктів здатна розпізнати можливі збурення, що будуть діяти на технологічний об'єкт упродовж найближчих декількох діб. Завдання алгоритму розпізнавання образів ділянок температурних збурень полягає у послідовному уточненні детермінованих та статистичних характеристик змін температури зовні технологічних об'єктів, в яких утримуються біологічні об'єкти рослинного або тваринного походження для виробництва сільськогосподарської продукції. У БРО на першому етапі розпізнавання визначаються образи на основі даних про прогнозовані добові зміни температурних збурень θ_{tm} від Українського гідрометеоцентру та обробки даних від датчиків температури зовні виробничого приміщення ($\theta_{зов}$) за останні 20 годин для реалізації стаціонарних процесів та 40 годин – для квазістаціонарних шляхом порівняння із образами можливих реалізацій (θ_6) у базі даних. Подальше уточнення характеристик температурних ділянок здійснюється на основі обробки даних вимірів зовнішньої температури через кожну годину упродовж 20 годин (другий етап алгоритму розпізнавання). Остаточні характеристики образу визначаються на третьому етапі, коли аналізуються результати вимірювань зовнішньої температури через кожну годину протягом 40 годин.

Вид розпізаного образу (R_6) передається у БПР, у базі даних якого для кожного образу зберігаються можливі варіанти дій управління й показники якості (B_6) для кожної дії за продуктивністю виробництва, матеріальними та енергетичними витратами у фізичних одиницях. У БПР вводяться дані вартості складових прибутку C , з урахуванням яких методами теорії ігор і статистичних рішень здійснюється вибір оптимальної стратегії управління (U_p). Як показує практичний досвід, БПР реалізує крім стабілізації на різних рівнях алгоритми програмного управління, нелінійних систем (наприклад, релейних із зоною нечутливості).

За допомогою БУ проводиться зміна заданої дії $U_{зад}$ або зміна оптимальної – для нового образу стратегії управління $U_{ст}$ у ЛАУП.

Висновки

У сучасних умовах найбільш прийнятним показником ефективності функціонування системи автоматичного управління процесом утримання біооб'єктів у сільському господарстві є критерій, який максимізує прибуток від реалізації виробленої продукції.

Для реалізації зазначеного критерію, а також враховуючи те, що прийняття рішень з управління необхідно проводити в умовах невизначеності, слід організувати дворівневу адаптивну автоматичну систему із локальним та адаптивним (підсистема прийняття рішень) контурами управління.

Випробування такої системи на промислових птахофабриках яєчного спрямування показали можливість зниження витрат енергоресурсів на утримання птиці (порівняно із системами стабілізації параметрів мікроклімату) на 20...30% при зміні несучості та споживання кормів у межах 1%.

1. Славин Р. М. Научные основы автоматизации производства в животноводстве и птицеводстве. – М.: Колос, 1974.
2. Мурусидзе Д. Н. Оборудование для создания микроклимата на фермах. – М.: Колос, 1972.
3. Лисенко В. П., Болбот І. М. Визначення оптимальної температури у пташнику для утримання птиці яєчного напрямку з урахуванням енергоємності процесу. – К.: Науковий вісник НАУ. 2002.- вип. 50. С. 219-227.
4. Лисенко В. П., Русеняк М. О. Використання методу Лагранжа для визначення оптимальних параметрів у промисловому пташнику / Журнал "Електрифікація і автоматизація сільського господарства".- 2004.- № 2 (7).-С. 75-83.
5. Пугачев В. С., Синицын И. Н. Стохастические дифференциальные системы. М.: Наука, 1985. – 560 с.
6. Серякова Л. П. Метеорологические условия и растения. – Л.: Ленингр. гидромет. институт, 1971. – 77 с.
7. Вентцель Е. С. Исследование операций. – М.:Наука, 1988. – 208 с.
8. Лисенко В. П., Головінський Б. Л., Руденський А. А. Моделювання температурних збурень при утриманні біологічних об'єктів // Вісник аграрної науки. – 2009.- № 6.– С. 49-55.