

УДК 631.083

ОПТИМІЗАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОДЕРЖАННЯ ПРОДУКЦІЇ

Червінський Л.С., д.т.н.,

Радько І.П., к.т.н.

Національний університет біоресурсів природокористування України

Анотація – розроблено метод багатокритеріальної оптимізації технологічного процесу одержання продукції тваринництва шляхом збирання часткових критеріїв в єдиний критерій системного значення на основі диференційних перетворень Пухова, що суттєво скорочує пошук оптимуму.

Ключові слова - технологія, технологічний процес, ефективність, керування, одержання продукції, оптимум.

Постановка проблеми. Сучасні технології одержання будь-якої продукції народного господарства направлені на підвищення якості та кількості цієї продукції при мінімальних матеріальних і енергетичних затратах із врахуванням їх екологічного впливу на навколишнє середовище. Їх реалізація можлива при чіткому визначенні всіх факторів, що впливають на продукцію, конкретизації їх взаємозв'язків і величин параметрів, ефективності та екологічності технології, що застосовується для отримання продукції.

Аналіз останніх досліджень. На рис.1 пропонується узагальнена топологічна схема поетапної розробки науково обґрунтованої високо-ефективної технології отримання продукції. Вона передбачає наступні етапи:

- визначення і дослідження параметрів фактору, що впливає на продукцію;
- визначення припустимих критичних значень зміни фактору та врахування його в технологічному процесі одержання продукції, шляхом розробки відповідного технічного обладнання;
- розробка автоматизованої системи керування багатофакторним технологічним процесом на основі підтримування зміни факторів в межах критичних значень.

Формулювання цілей статті. З метою підвищення ефективності технологічного процесу одержання продукції необхідно на основі

аналізу визначити та обґрунтувати критерії нормування факторів, що впливають на якісні і кількісні показники продукції. Для цього проводяться дослідження шляхів та механізмів дії кожного фактору на продукт в технологічному процесі отримання його товарної форми, визначаються допустимі критичні (мінімальне і максимальне) значення параметрів фактору з подальшою узагальнюючою систематизацією і нормуванням. Тобто, визначаються граничні значення параметрів фактору, які закладаються в програму роботи автоматизованої системи керування технологічним процесом і є вихідними даними для розробки технологічного обладнання поточкових ліній одержання продукції заданої якості і кількості.

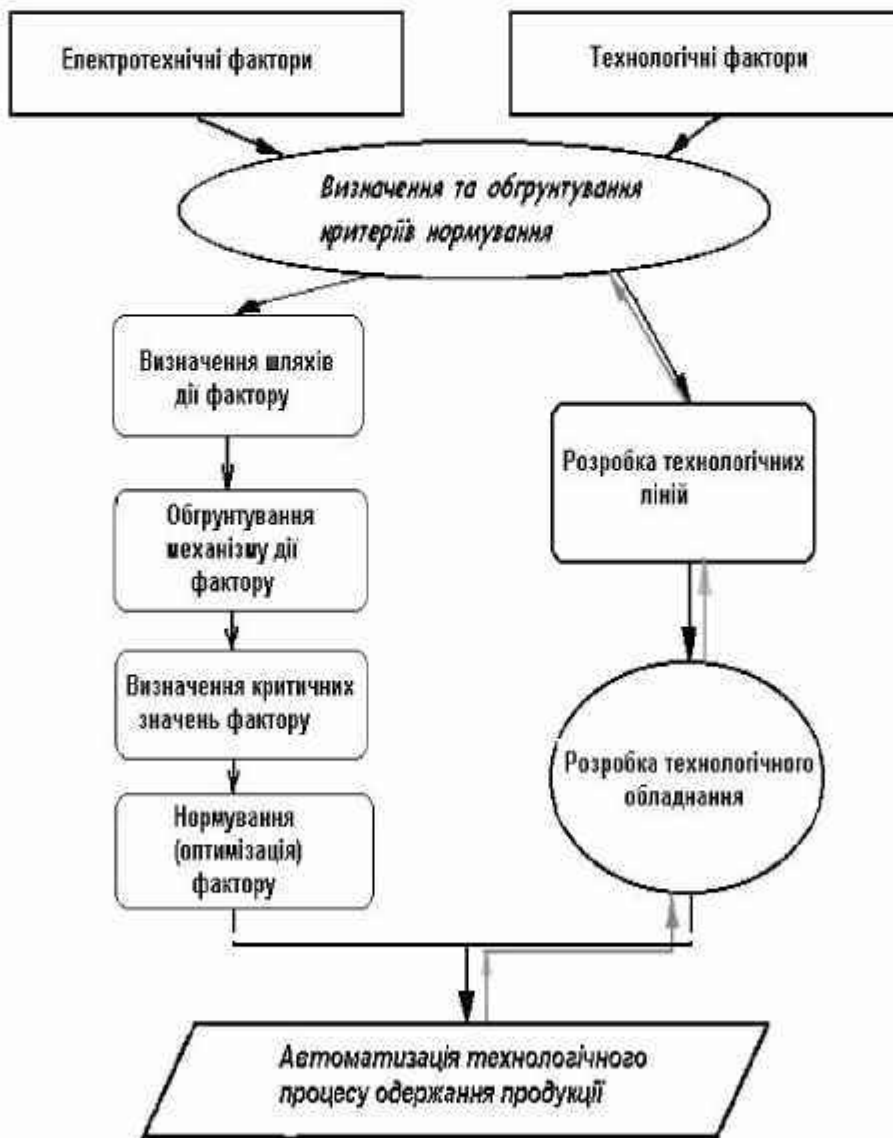


Рис. 1. Топологічна схема розробки науково обґрунтованої технології отримання продукції тваринництва.

Основна частина. Доцільно розрізняти технологічні і електротехнічні фактори впливу на продукцію. Розглянемо їх структуру на конкретному прикладі розробки високоефективної технології одержання продукції тваринництва. До технологічних факторів впливу на відносяться технологічні процеси, які обумовлюють фізіологічні потреби організму тварини та комфортні умови існування і подальшого розвитку: годівля, поїння тварин, прибирання гною, підтримання в приміщенні чистоти і оптимальних параметрів мікроклімату.

До електротехнічних факторів доцільно віднести фактори впливу електричної і променистої енергій. Електрична енергія використовується на вентиляцію та обігрів приміщення. Промениста енергія електромагнітного випромінювання різних діапазонів в технології одержання продукції тваринництва використовується на: штучне освітлення і бактерицидне знезаражування приміщень, ультрафіолетове опромінення та інфрачервоний обігрів тварин, електрофізичні методи стимуляції і терапії і т.п.

Одержання продукції тваринництва і птахівництва є багатофакторним технологічним процесом. Для розв'язування задач багатокритеріальної оптимізації технологічного процесу одержання продукції тваринництва (тобто, визначення величин і взаємозв'язку факторів, що забезпечують максимальний розвиток тварини – об'єкта керування) використаємо диференційні перетворення Пухова [1] на основі теорії оптимального керування Брайсона і Ю-Ші [2]. Зміна параметру фактора в часі описується векторним диференціальним рівнянням типу:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u, t), \rightarrow x(t_0) = x_0, \quad (1)$$

де $x = x(t)$ – n -вимірний вектор стану фактора; $u = u(t)$ – m -вимірний вектор керування ($m < n$); f – вектор-функція узагальненої сили, яка неперервна і неперервно диференційована за сукупністю змінних t, x, u ; $t \in [t_0, T]$ – час, граничне значення якого T може бути задане як період часу до отримання продукції.

Якість керування технологією оцінюється сукупністю часткових критеріїв, що задані функціоналами:

$$I_j = \Theta_j[x(T), T] + \int_{t_0}^T \varphi_j(x, u, t) dt \quad (2)$$

де $j = 1, 2, 3, \dots, r$; функції Θ та φ мають неперервні часткові похідні по x і u . Слід зазначити, що змінювані параметри $U(t)$ повинні забезпечувати не один локальний мінімум, а задовольняти r - умовам глобальної оптимізації динамічних процесів розвитку об'єкта (тварин) в цілому. Багатокритеріальна задача синтезу оптимального керування динамічною системою (твариною) [3] полягає у визначенні екстремалей $\{x^*(t), u^*(t)\}, u^* \in U, x^* \in I, t \in [t_0, T]$, які при заданих диференціаль-

них зв'язках (1) оптимізують векторний функціонал (2), що характеризує ефективність впливу факторів на одержання продукції тваринництва в цілому.

Вважаємо, що векторний критерій є обмеженим допустимою областю $I \in \Omega(I)$ і кожна компонента векторного критерію I описується функціоналом (2), визначеним на розв'язках векторного диференціального рівняння (1) з класу допустимих керувань $u \in U$. Необхідно визначити закон мінімізації векторного функціоналу I .

Згідно наведеної математичної моделі, допустима область його зміни задається системою обмежень

$$0 \leq I_j \leq A_j = I_j \sup, j \in [1, r], \quad (3)$$

де A_j – верхня межа допустимого значення компоненти I_j векторного критерію I .

Оптимальне адаптивне управління забезпечує досягнення сукупності визначених цілей оптимальним шляхом для всього класу режимних ситуацій. Конкретні поточні ситуації належать до класу, що визначається декартовим добутком $\{S\} = X \times F$, де $X \supset \{x_i, \dots\}$ – простір стану об'єкта керування, на який впливають $F \supset \{f_j, \dots\}$ – зовнішні фактори (тобто, інші: технологічні, електротехнічні...). Таким чином, багатокритеріальність технології обумовлена множиною цілепозначень, різноманітністю функціонування у різних режимах зв'язку із зовнішніми факторами. Ось чому відомий теоретичний принцип про неможливість існування абсолютного оптимума (тому, що завжди можливо визначити додатково нові часткові фактори і критеріальні значення їх параметрів) веде до використання алгоритмів обмеження числа факторів та застосування компромісних рішень.

Розглянемо особливості деяких відомих багатокритеріальних моделей. Згідно приведеної моделі, задача (1)-(2) зводиться до мінімізації лінійної форми складових векторного критерію із сталими ваговими коефіцієнтами (принцип лінійності Онзагера):

$$I_{\text{ли}} = \sum_{j=1}^r a_j I_j, \quad (4)$$

Нажаль, проблематичним у даній моделі є вибір вагових коефіцієнтів $a_j, j = \overline{1, r}$.

В іншій моделі використовується ідеальна (утопічна) точка в просторі критеріїв якості керування. В її основі лежить принцип, що кожний функціонал (2) оптимізується окремо від інших. У результаті отримують r оптимальних керувань, що характеризуються векторами $U^j, (j = \overline{1, r})$ і ідеальною точкою з координатами $I_j^*(U^{(j)}), j = \overline{1, r}$. Далі

ставиться задача мінімізації із диференційними зв'язками (1), наприклад у вигляді:

$$I_L = \left[\sum_{j=1}^L \{I_j(u) - I_j^0(u^{(0)})\}^2 \right]^{1/2}, L \geq 1 \quad (5)$$

Ця модель характеризується значною більшою обчислювальною складністю і потребує додаткової мінімізації суми квадратів відхилень функції (2). Тому пропонується вирішення багатокритеріальної задачі оптимізації на основі принципів квазіаналогового моделювання та застосування математичного апарату диференціальних перетворень Пухова [1] із заміною неперервної функції спектром дискретних значень:

$$x(t) \approx X(k) = \frac{h^k}{k!} \left[\frac{d^k x(t)}{dt^k} \right]_{t=t_0}, \quad (6)$$

де $x(t)$ – неперервна аналітична функція дійсного аргументу; $X(k)$ – дискретна функція чисельного аргументу $k = 0, 1, 2, \dots$, яка називається диференціальним спектром функції $x(t)$ в точці $t=t_0$; h – масштабна стала, що має розмірність аргументу t . Вираз (6) дозволяє замінити оптимізаційні дослідження багатокритеріальної моделі (1)-(2) моделлю (4), еквівалентною відносно результатів розв'язку вихідної задачі класу аналітичних функцій типу $u(t, C)$. Де $C = (c_1, c_2, \dots, c_N)$ – вектор вільних параметрів. Диференційні перетворення функції визначають її диференційний спектр при значеннях масштабної сталої $h=T$ та $t_0=0$ за виразом:

$$u(t, C) = U(k, C) = \frac{T^k}{k!} \left[\frac{d^k u(t, C)}{dt^k} \right]_{t=0}, \quad (7)$$

На основі виразу (7) базові залежності (1) записуються у рекурентному вигляді:

$$X(k+1, C) = \frac{T}{k+1} f[X(k, C), U(k, C), t], X(0) = x_0, \quad (8)$$

Функціонал якості керування технологічним процесом (2), який характеризує і якість оптимізації технології, приводиться до функції часу і вектора вільних параметрів у вигляді:

$$I_j(T, C) = \Theta_j[x(T, C), T] + T \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Phi_j[X(k, C), U(k, C), t]}{k+1}, j = 1, 2, \dots, r, \quad (9)$$

Із врахуванням виразу (9) базова модель технологічного процесу (4) запишеться у вигляді:

$$I_m(T, C) = \sum_{j=1}^r a_j I_j(T, C), \quad (10)$$

Необхідними умовами оптимальності даної математичної моделі є наступні залежності:

$$\frac{\partial I_m(T, C)}{\partial T} = 0, \quad \text{та} \quad \frac{\partial I_m(T, C)}{\partial C} = 0, \quad (11)$$

Таким чином, для визначення оптимальних параметрів факторів впливу на продукцію тваринництва є достатнім визначити із рівнянь (11) кінцевий час T та параметри впливу C_i - того фактора, якщо екстремум функції $I_m(T, C)$ знаходиться усередині допустимої області, визначеної у (3).

Висновки. Даний підхід до визначення граничних значень параметрів факторів технологічного процесу одержання продукції тваринництва і розробки оптимізаційної моделі автоматичного керування технологією одержання максимальної кількості продукції може бути легко вирішений з використанням ПЕОМ та покладений в основу розробки сучасної технології.

Література

1. Пухов Г.Е. Дифференциальные преобразования функций и уравнений / Г.Е. Пухов - Киев: Наукова думка, 1980. - 419 с.
2. Брайсон А. Прикладная теория оптимального управления / А. Брайсон, Хо Ю-Ши. - М.: Мир, 1972. - 554 с.
3. Воронин А.И. Многокритериальный синтез динамических систем / А.И. Воронин. - К.: Наукова думка, 1992. - 160 с.

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ

Л.С. Червинский, І. П. Радько

Аннотация - разработан метод многокритериальной оптимизации технологического процесса получения продукции животноводства путем сбора частных критериев в обобщенный критерий системного значения на основе дифференциальных преобразований Пухова, что существенно сокращает поиск оптимума.

OPTIMIZATION GOING NEAR DEVELOPMENT HIGHLY PRODUCTIVE TECHNOLOGIES OF RECEIPT OF PRODUCTS

L. Chervinskiy I. Radko

Summary

The method of a multicriteria optimization of a manufacturing process of obtaining of production of animal industries is developed on the basis of differential transformations Puhova. The generalization in unified criterion of system value of partial criteria essentially reduces search of an optimum.