

МЕТОД БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

Червінський Л.С., акад. МААО, д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

м. Київ, Україна

Тел. (044) 527-85-22

e-mail: lchervinsky@gmail.com

Анотація. Запропоновано алгоритм визначення параметрів, що впливають на технологічний процес та розроблено метод багатокритеріальної оптимізації процесу виробництва продукції тваринництва на основі диференційних перетворень Пухова. Особливістю алгоритму є те, що він дозволяє враховувати одночасно як технологічні так електротехнічні фактори. Представлення часткових критеріїв системного значення єдиним критерієм суттєво скорочує пошук оптимуму.

Ключові слова: критерії оптимізації, технологічний процес, тваринництво, технологічні фактори, електротехнічні фактори.

Постановка проблеми. Основним принципом побудови та реалізації сучасної технології виробництва продукції тваринництва і птахівництва є підвищення якості та кількості цієї продукції при мінімальних матеріальних, енергетичних і екологічних затратах.

Аналіз останніх досліджень. Методологічні дослідження в даному напрямку показують, що ефективного результату можна досягти лише при чіткому обґрунтуванні всіх факторів, які безпосередньо впливають на продукцію, визначенні їх взаємозв'язків і встановленні величини параметрів.

Мета дослідження. З метою підвищення ефективності технологічного процесу одержання продукції тваринництва необхідно на основі аналізу технології визначити та обґрунтувати критерії нормування факторів.

Основна частина. У даній статті пропонуються результати досліджень з розробки методу оптимізації технології отримання продукції тваринництва. Для цього проводяться дослідження шляхів та механізмів дії кожного фактора на тваринний організм, визначаються критичні (мінімальне і максимальне) значення параметрів фактора з подальшою узагальнюючою оптимізацією (нормуванням).

Тобто, визначаються значення параметрів фактора, які закладаються в програму роботи автоматизованої системи керування технологічним процесом і є вихідними даними для розробки технологічного обладнання поточкових ліній одержання продукції.

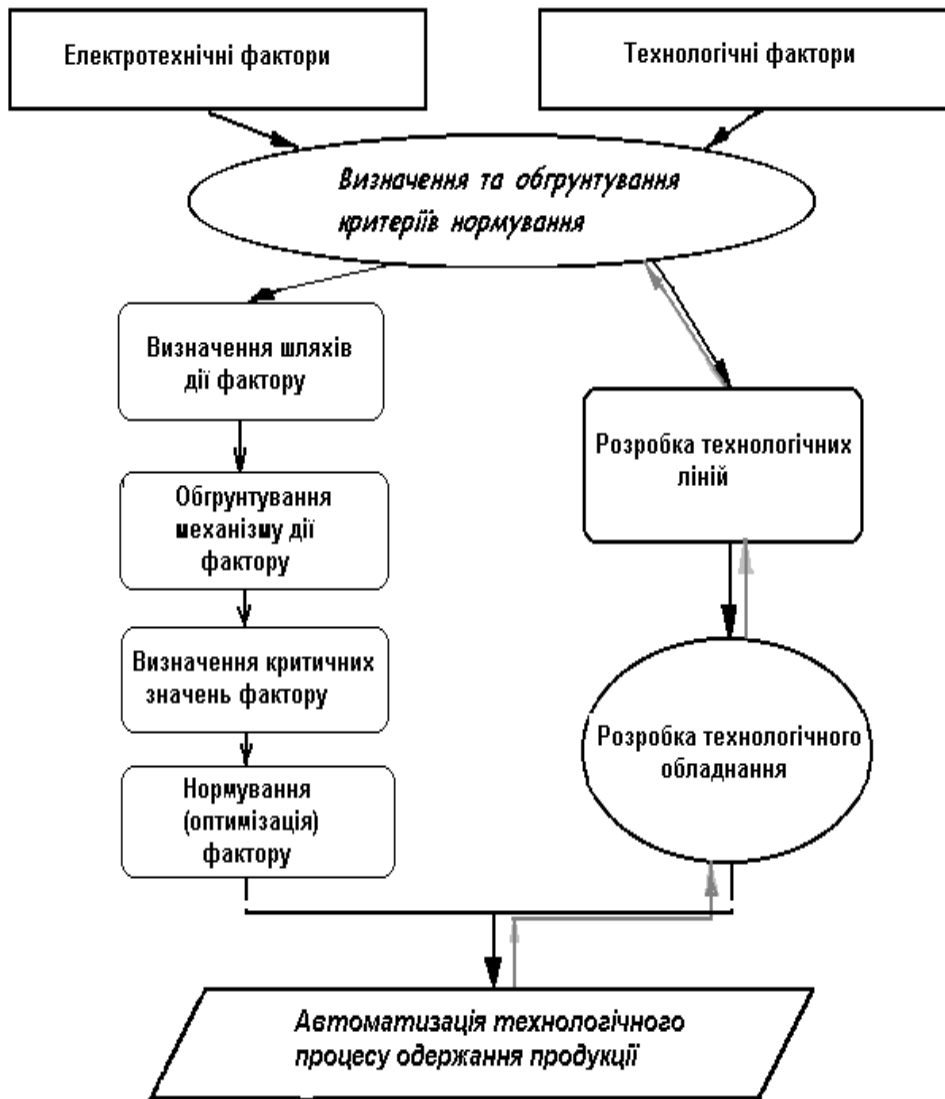


Рисунок 1 - Алгоритм етапів визначення і дослідження факторів впливу на продукцію тваринництва

На рис.1 наведений алгоритм етапів визначення і дослідження параметрів фактору та врахування його в технологічному процесі одержання продукції.

Доцільно розрізняти технологічні і електротехнічні фактори впливу на продукцію тваринництва.

До технологічних факторів належать 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 (рис.2).

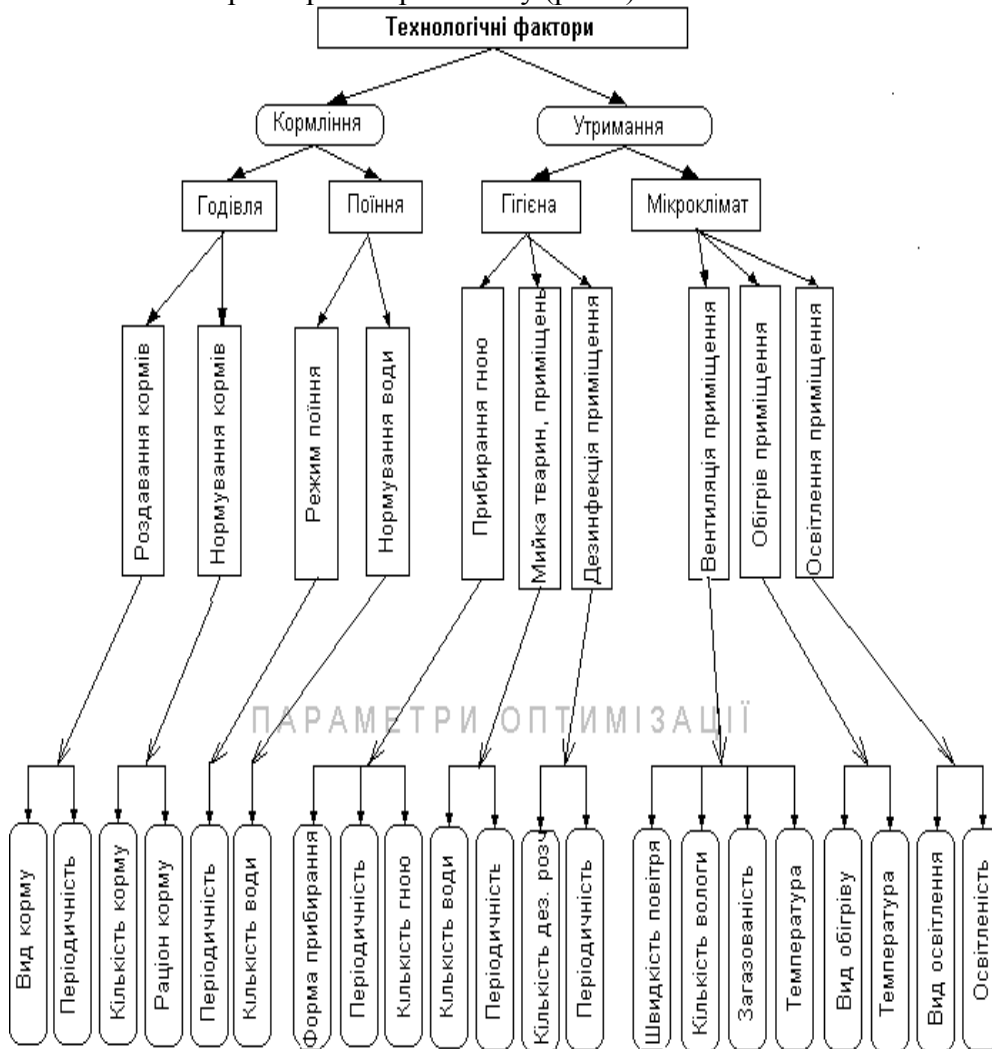


Рисунок 2 - Технологічні фактори впливу на продукцію тваринництва і параметри їх оптимізації

До електротехнічних факторів належать фактори впливу електричної і промислої енергій. Електрична енергія використовується на вентиляцію та обігрівання приміщення. Промениста енергія електромагнітного випромінювання різних діапазонів у технології одержання продукції використовується на: штучне освітлення і бактерицидне знезараження приміщень, ультрафіолетове опромінення та інфрачервоний обігрів тварин, електрофізичні методи стимуляції і терапії тощо. Електротехнічні фактори та параметри їх оптимізації наведені на рис.3.

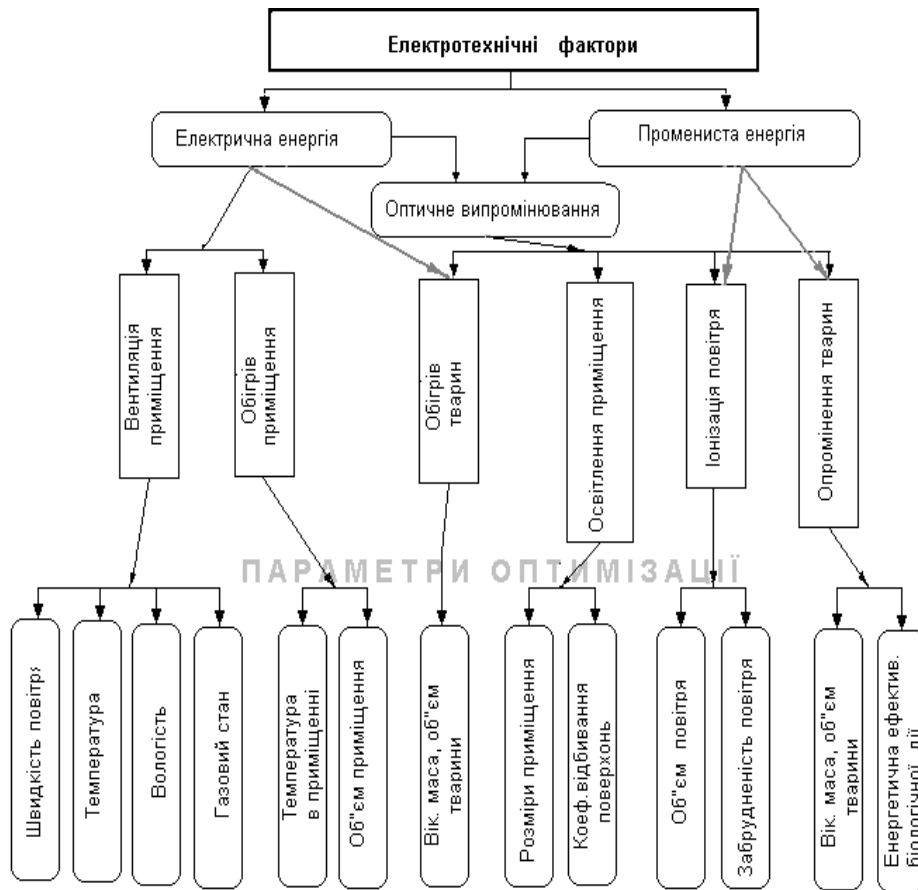


Рисунок 3 - Електротехнічні фактори впливу на продукцію тваринництва та їх параметри оптимізації

Вищевикладене підтверджує, що 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 А і ХО Ю-Ші [2].

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

Якість керування оцінюється сукупністю часткових критеріїв, що задані функціоналами:

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

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 [3] полягає у визначенні екстремалей $x^*(t), u^*(t), u^* \in U, I^* \in I, t \in [0, T]$, які при заданих диференціальних зв'язках (1) оптимізують векторний функціонал (2), що характеризує ефективність впливу факторів на одержання продукції тваринництва.

Нехай векторний критерій обмежений допустимою областю $I \in \Omega(I)$ і кожна компонента векторного критерію I описується функціоналом (2), визначеним на розв'язках векторного диференціального рівняння (1) із керуванням з класу допустимих керувань $u \in U$. Необхідно визначити закон мінімізації векторного функціоналу I . Згідно з математичною моделлю, допустима область його зміни задається системою обмежень

$$0 \leq I_j \leq A_j = I_j \sup, j \in \overline{1, r} \quad (3)$$

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 $\mathcal{X} \times F$, де $X \supset \mathcal{X}^n$ — простір стану об'єкта керування, на який впливають $F \supset \mathcal{F}^l$ — зовнішні фактори (технологічні, електротехнічні). Таким чином, багатокритеріальність обумовлена множиною цілепоказень, різноманітністю функціонування у різних режимах зв'язку із зовнішніми факторами. Ось чому теоретичний принцип про неможливість існування абсолютного оптимума (тому, що завжди можливо визначити додатково нові часткові фактори і їх критерії) веде до використання алгоритмів обмеження числа факторів та застосування компромісних рішень.

Розглянемо особливості деяких відомих багатокритеріальних моделей. Згідно з першою моделлю, задача (1)—(2) зводиться до мінімізації лінійної форми складових векторного критерію із сталими ваговими коефіцієнтами (див.(1.3) — принцип лінійності Онзагера):

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

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. З цією метою кожний функціонал (2) оптимізується окремо від інших. У результаті отримують r оптимальних керувань, що характеризуються векторами $U^j, (j = \overline{1, r})$ та ідеальною точкою з координатами $I_j^0(U^j), j = \overline{1, r}$. Далі ставиться задача мінімізації із диференціальними зв'язками (1), наприклад у вигляді:

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

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

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

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 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 $h=T$ та $t_0=0$:

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

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

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

Функціонал якості керування технологічним процесом (2) приводиться до функції часу і вектора вільних параметрів:

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

Із урахуванням виразу (9) базова модель технологічного процесу одержання продукції тваринництва (4) запишеться у вигляді:

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

Необхідними умовами оптимальності даної математичної моделі є наступні залежності:

$$\frac{\partial I_{M_i}(T, C)}{\partial T} = 0, \quad \frac{\partial I_{M_i}(T, C)}{\partial C} = 0, \quad (11)$$

причому, $\frac{\partial^2 I_{M_i}(T, C)}{\partial^2 T} \geq 0, \quad \frac{\partial^2 I_{M_i}(T, C)}{\partial^2 C} \geq 0.$

Таким чином, для визначення оптимальних параметрів факторів впливу на процес одержання продукції тваринництва достатньо визначити із рівнянь (11) кінцевий час T та параметри C i - того фактора, якщо екстремум функції $I_{M_i}(T, C)$ знаходиться всередині допустимої області, визначеної у (3).

Висновки. Запропонований підхід до визначення граничних значень параметрів технологічного процесу виробництва продукції тваринництва дозволяє розробити на їх основі оптимізаційну модель автоматизованого керування технологією. При цьому виробництво максимально можливої кількості продукції може бути збільшено з використанням ПЕОМ

ЛІТЕРАТУРА

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

BIBLIOGRAPHY

1. Pukhov G.E. Differential transformations of functions and equations/ G.E.Pukhov. —Kiev: Nauk. dumka. 1980. —419 s.
2. Braison A. Optimal control applicable theory / A.Braison, Yu-Shi. Kho. —M.: Mir. 1972. —554 s.
3. Voronin A.I. Multiobjective synthesis of dynamic systems/ A.I.Voronin. —Kiev: Nauk. dumka. 1992. — 419 s.

METHOD OF MULTIOBJECTIVE OPTIMIZATION OF LIVESTOCK PRODUCTION TECHNOLOGICAL PROCESS

L. S. Chervinsky

Summary

The parameter definition algorithm influencing on technological process has been suggested and the multiobjective optimization method of production technological process of livestock products on the basis of Pukhov's differential transformations has been developed. The peculiarity of the algorithm is its capability to consider both technological and electrotechnical factors. The introduction of partial criteria system value by unified criterion essentially reduces an optimum search.

Key words: optimization criteria, technological process, livestock, technological factors, electrotechnical factors