УДК 628.385

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ В ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

А. І. Чміль, доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: a.chmil@ukr.net

Анотація. *Продуктивність тварин за умови повноцінної годівлі досягає високого рівня тільки при створенні мікроклімату, що відповідає їх біологічним потребам. Зменшення приросту маси тварин внаслідок дискомфортного мікроклімату не лише знижує коефіцієнт корисного використання енергії корму, але й призводить до збільшення терміну відгодівлі, додаткового освітлення приміщень, та застосування технологічного обладнання, недоотримання продукції на зайнятих виробничих площах тощо.*

Комфортні параметри мікроклімату (температура, відносна вологість і швидкість руху повітря, а також температура оточуючих поверхонь), при яких виробництво тваринницької продукції найбільш економічне, можуть мати різні значення залежно від віку, маси і породи тварин, енерговмісту кормів, теплоізоляційних властивостей смуху і поведінки тварин.

На основі розробленої математичної моделі визначена ефективність енергетичних витрат залежно від параметрів мікроклімату (температури, відносної вологості, швидкості руху повітря і температури внутрішніх поверхонь огорож). Встановлено, що в зимовий період року температура повітря у тваринницькому приміщенні по відгодівлі ВРХ з біоенергетичної точки зору має бути в межах +10 - +5 ^{0}С.

Ключові слова: ***енергоспоживання, мікроклімат, тваринницьке приміщення***

Актуальність. Кондиціонування повітря тваринницьких приміщень протягом року потребує великих витрат енергоресурсів. Так, для моделі комплексу з відгодівлі молодняку ВРХ на 12 тис. місць витрати лише електроенергії на мікроклімат становлять 1,29 ГДж на 1 ц приросту [1], що дорівнює 87,2 % від загальних витрат електроенергії. Зважаючи на це, стає актуальною проблема підвищення енергетичної ефективності системи мікроклімату шляхом визначення оптимальних режимів системи

кондиціонування повітря (СКП), створення нових її типів, застосування яких дозволить зекономити паливно-енергетичні та матеріальні ресурси.

Вирішення вказаної проблеми можливе завдяки застосуванню математичної моделі системи формування теплового комфорту у тваринницьких приміщеннях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Численними зоогігієнічних дослідженнями [1] встановлено вплив на життєздатність і продуктивність тварин цілого комплексу чинників зовнішнього середовища, які умовно поділяються на фізичні - температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, радіаційне і електромагнітне випромінювання; хімічні - токсичні, дратівливі, мутагенні тощо.; біологічні - мікро- і макроорганізми. Зазначений комплекс факторів і обумовлює мікроклімат тваринницького приміщення.

На фізіологічний стан і обмінні процеси організму тварин впливають не тільки параметри мікроклімату, але також конструктивні та технологічні характеристики огороджувальних конструкцій, інтенсивність і тривалість виробничих шумів, температури застосовуваної води і їжі, спосіб утримання, раціон тощо.

Мета дослідження – обгрунтування моделі оптимізації кондиціювання повітря у тваринницьких приміщеннях.

Матеріали і методи дослідження. У процесі побудови моделей тварину розглядають як біологічну регульовану систему, де формування граничних умов тепломасообміну визначається біологічними закономірностями, а зовнішня тепловіддача підпорядкована фізичним законам тепломасопереносу та може бути описана за їх допомогою.

Результати досліджень і їх обговорення. У загальному вигляді модель розглянутих явищ може бути зображена у вигляді залежності, що поєднує теплофізичні та фізіологічні закономірності впливу умов середовища на організм тварини:

$$f(t_в, t_{ог}, \varphi_в, v, Q) = (t_т, t_ш, t_р, П, PS) , \quad (1)$$

де $t_в$ - температура повітря у тваринницькому приміщенні, ^oC; $t_{ог}$ - температура огорожі в приміщенні, ^oC; $\varphi_в$ - відносна вологість повітря, %; v - швидкість руху повітря, м/с; Q - теплоутворення в організмі тварини, Вт; $t_т$ - середня температура тіла тварини, ^oC; $t_ш$ - середньозважена температура шкіри, $^o C$; $t_р$ - ректальна температура, ^oC; $П$ - продуктивність тварини, г/добу; PS - частота серцевих скорочень.

При розрахунку режимів роботи систем кондиціонування повітря тваринницьке приміщення розглядається як енергетичне ціле. Відповідно до цього складемо розрахункову схему потоків теплоти і речовини, що взаємодіють як всередині, так і зовні тваринницького приміщення.

Ефективним способом біоенергетичної оцінки стану мікроклімату у тваринницьких приміщеннях є визначення к.к.д., що характеризує ефективність перетворення енергії, яка вноситься в систему життєзабезпечення, в енергію утворених продуктів.

Для оптимізації теплозахисту приміщення к.к.д. у системі "тварина – середовище" запишемо у вигляді

$$\eta_{ее}^R = E_{пр}/E_{вит}^R \rightarrow max\ (\eta_{ее}^R) , \quad (2)$$

де $E_{пр}$ - енергоємкість тваринницької продукції, ГДж; $E_{вит}$ - енерговитрати на огороджуючі конструкції та витрати технічної теплоти на опалення і вентиляцію, ГДж.

Енергоємкість тваринницької продукції визначатимемо за формулою

$$E_{пр} = E_н - E_в = m_т C_п(365П - \Delta П\ T_{ві}/24) , \quad (3)$$

де $E_н$ - енергоємкість продукції при оптимальних параметрах мікроклімату, ГДж; $E_в$ - річні втрати енергії за рахунок недоодержання тваринницької продукції, ГДж; $m_т$ - кількість тварин у приміщенні; $C_п$ - енерговміст тваринницької продукції, ГДж/ц; $П$ - продуктивність тварин при оптимальних параметрах мікроклімату, ц; $\Delta П$ -втрати продуктивності тварини через збільшення втрат

теплоти організмом, ц; $T_{ві}$ - тривалість впливу на втрату продуктивності *і*- го виду огорожі взимку, год/рік.

Втрати продуктивності тварини залежать від різниці температур Δt_i між повітрям і огорожею приміщення та визначаються за формулою

$$\Delta П = a\,\Delta q^2 = a(\{\alpha_{із} r_в [r_\tau (1 - r_m) + (1 - r_\tau)] + r_m r_\tau \lambda_{мі} / \delta_{мі}\} f_m \Delta t_{ср})^2 , \qquad (4)$$

де a - коефіцієнт рівняння; Δq - загальні теплові втрати організму тварини, Вт; $\alpha_{із}$ - середній коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням на внутрішніх поверхнях зовнішніх огорож, Вт/м^2 ^{o}С; $r_в$ - коефіцієнт, що враховує частку випромінюючої поверхні тіла тварини; r_τ - тривалість лежання тварини; r_m - коефіцієнт поверхні тіла тварини; $\lambda_{мі}$ - коефіцієнт теплопровідності *і*-го матеріалу; $\delta_{мі}$- товщина *і*-го матеріалу, м; f_m - площа поверхні тіла тварини, м^2; $\Delta t_{ср}$ - розрахункове середнє значення перепаду температур у поверхні *і*-ї зовнішньої огорожі приміщення, ^{o}С.

Середній коефіцієнт тепловіддачі випромінювання на внутрішніх поверхнях зовнішніх огорож дорівнює

$$\alpha_{із} = C_{прі}\, \varphi_i\, [(T_ж/100)^4 - (T_i/100)^4] / (T_ж - T_i), \qquad (5)$$

де $C_{прі}$ - приведений коефіцієнт випромінювання тіла тварини на *і*-й вид огорожі, Вт/м^2 ^{o}С ; φ_i- коефіцієнт взаємного опромінення організму та *і*-ї зовнішньої огорожі; $T_ж = 273 + t_ж$, $T_i = 273 + t_i$; $t_ж$ - температура смуху тварини, для ВРХ $t_ж = 24{,}5 + 0{,}43\, t_в$; t_i - температура внутрішньої поверхні *і*-го виду зовнішньої огорожі, ^{o}С; $t_в$ - температура внутрішнього повітря приміщення, ^{o}С.

Для практичних розрахунків у діапазоні температур від 0 до 30 ^{o}С різниця четвертих ступенів температур поверхонь може з достатньою точністю апроксимуватись лінійною функцією виду

$$[(T_ж/100)^4 - (T_i/100)^4] / (T_ж - T_i) \approx 0{,}81 + 0{,}01 t_в + 0{,}005 \Delta t_ж , \qquad (6)$$

де $\Delta t_ж = t_ж - t_в$.

Тоді формулу (5) з урахуванням (6) можна записати

$$\alpha_{із} = C_{прі}\, \varphi_i\, (0{,}81 + 0{,}01 t_в + 0{,}005 \Delta t_ж) . \qquad (7)$$

Приведений коефіцієнт випромінювання для тваринницьких приміщень досить точно можна розрахувати за формулою:

$$C_{npi} = \frac{C_o}{\frac{1}{\varepsilon_ж} + \frac{1}{\varepsilon_i - 1}} \quad , \tag{8}$$

де C_o – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла (C_o = 5,75 Вт/м^2·^{o}С);$\varepsilon_ж$ – ступінь чорноти смуху тварини ($\varepsilon_ж$= 0,94-0,96); ε_i – ступінь чорноти поверхні *i*-ї зовнішньої огорожі.

Поверхня тіла тварини може бути визначена за емпіричною формулою

$$f_m = r_g \sqrt[3]{q_m^2} \ , \tag{9}$$

де r_g – поправочний коефіцієнт, що залежить від виду тварини (для ВРХ r_g = 0,104); q_m - маса тварини, кг.

Значення розрахункової середньої температури зовнішнього повітря протягом періоду подачі технічної теплоти становить

$$\theta_{ср} = t_г - 3500\ \sigma\ exp\{-0,5[(\theta - t_г)/\sigma]^2\}/T_в, \tag{10}$$

де $t_г$ - середньорічна температура для даної кліматичної зони, ^{o}С; $\sigma = (t_г - t_{min})/3,74$ – середньоквадратичне відхилення температури зовнішнього повітря в холодний період року відносно середньорічної температури; t_{min} – екстремальна мінімальна температура зовнішнього повітря, ^{o}С; $\theta = t_в - (\alpha_{із}\ k_i\ \Delta t_ж\ R_i)/f_i$ - температура зовнішнього повітря, з якої розпочинається вплив *i*-ї зовнішньої огорожі приміщення на втрати продуктивності тварин, ^{o}С.

Тривалість впливу на втрату продуктивності *i*-го виду огорожі може бути визначена з виразу

$$T_{вi} = 8760[0,5 + 0,346(\theta - t_г)]/\sigma_x, \tag{11}$$

де $\sigma_x = (t_г - t_{хс})/2,06$ - середньоквадратичне відхилення температури зовнішнього повітря в холодний період року відносно середньорічної температури; $t_{хс}$ - температура зовнішнього повітря найбільш холодної доби, ^{o}С .

Енерговитрати на огороджуючі конструкції тваринницького приміщення та витрати технічної теплоти на потреби опалення і вентиляції дорівнюють

$$E_{вит} = E_г + E_{зд}, \quad (12)$$

де $E_г$ - річні витрати технічної теплоти на опалення і вентиляцію, ГДж; $E_{зд}$ - енерговитрати на огороджуючі конструкції тваринницького приміщення, ГДж.

Річні витрати теплоти $E_г$ становлять

$$E_г = Q_{ср.д} \ Z_{от.п} , \quad (13)$$

де $Q_{ср.д}$ - середньодобові за опалювальний період витрати технічної теплоти на будівлю, Вт; $Z_{от.п}$ - тривалість опалювального періоду, год/рік;

$$Q_{ср.д} = 0{,}28C \ G_{ср}(t_{пр} - t_{от.п}) , \quad (14)$$

де $G_{ср}$ - середні за період подачі технічної теплоти розрахункові масові витрати припливного повітря, кг/год; $t_{пр}$ - середня температура припливного повітря за період подачі теплоти, ^{o}C; $t_{от.п}$ - середня температура зовнішнього повітря в період подачі технічної теплоти в будівлю.

Енерговитрати на огороджуючі конструкції запишемо у вигляді

$$E_{зд} = \lambda_i R_i F_i C_{мат} , \quad (15)$$

де $C_{мат}$ - питомі енерговитрати матеріалів огороджуючих конструкцій, ГДж/т, ГДж/м^3.

На основі запропонованої математичної моделі проведено дослідження ефективності теплозахисних властивостей огороджуючих конструкцій на прикладі тваринницького приміщення І-го періоду вирощування на 600 гол. комплексу з відгодівлі молодняку ВРХ. На рис. 1 наведено залежність коефіцієнта енергетичної ефективності теплозахисту тваринницького приміщення від термічного опору огорожі.

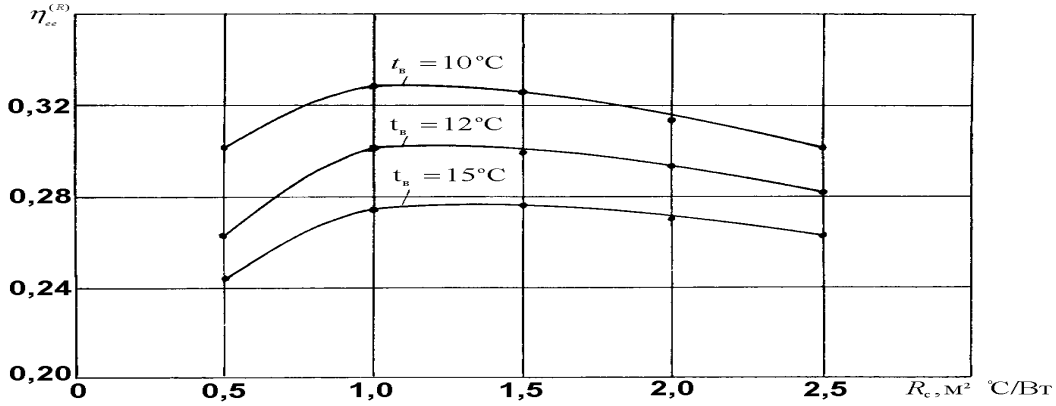

Рис. 1. Залежність коефіцієнта енергетичної ефективності тепло захисту приміщення від термічного опору огорожі.

З графіка випливає, що функція має нелінійний характер з явно вираженим максимумом. Так, при температурі повітря в приміщенні $t_в$=10°С коефіцієнт енергетичної ефективності досягає максимуму (η_{ee}^{R} = 0,331) при термічному опорі R_c = 1,0 м^2· °С/Вт, що на 7,8 % більше, ніж при R_c=0,5 м^2·°С/Вт. Важливо також відзначити, що застосування огороджуючих конструкцій з термічним опором менше 1,0 м^2· °С/Вт є енергетично неефективним.

Не менш важливе значення для енергозбереження в системах кондиціонування повітря має оптимізація температурного режиму у тваринницьких приміщеннях [2,3]. Адже можна створити такий режим, при якому продуктивність буде максимальною для даного виду тварин, а з енергетичної точки зору витрати на СКП будуть не завжди доцільні. За критерій оцінки ефективності температурного режиму приймемо коефіцієнт енергетичної ефективності

$$\eta_{ee}^{t} = \frac{E_{пр}}{E_{вит}^{k} + E_{вит}^{СКП}} \rightarrow max(\eta_{ee}^{t}), \qquad (16)$$

де $E_{вит}^{к}$ - енерговитрати на корми, ГДж; $E_{вит}^{скп}$ - енерговитрати на обладнання і витрати енергоресурсів СКП, ГДж.

Щоб привести формулу (16) до вигляду, що дозволяє на стадії проектування вибрати оптимальну систему кондиціонування повітря,

розглянемо такі положення. Припустимо, що з усіх параметрів мікроклімату постійно змінюється лише один - температура повітря всередині приміщення, а інші збігаються з біологічно оптимальними значеннями. Відомо, що добова продуктивність тварин змінюється залежно від температури повітря всередині приміщення і може бути описана рівнянням параболи

$$П_t = at_в^2 + bt_в + c\ , \qquad (17)$$

де a, b, c - коефіцієнти при членах квадратного рівняння; $t_в$ - температура повітря всередині приміщення.

Відхилення температури повітря $t_в$ у робочій зоні на ±10 °С від оптимального значення знижує приріст продуктивності $П_{\Delta t}$ тварин у 2 рази з одночасним підвищенням витрат $К_к$ також у 2 рази. Виразимо ці закономірності в аналітичному вигляді:

$$П_{\Delta t} = a(t + \Delta t)^2 + b(t + \Delta t) + c\ , \qquad (18)$$

$$К_к = \alpha \Delta t + \beta\ , \qquad (19)$$

де α - енерговитрата перевитраченого корму при відхиленні температури повітря на 1 °С від оптимальної, ГДж; β - енерговитрата витраченого корму при оптимальній температурі, ГДж.

Виходячи з цього, енергоємність тваринницької продукції представимо у вигляді

$$E_{пр} = m_т\, \tau\, C_п[a(t + \Delta t)^2 + b(t + \Delta t) + c\ ]\ , \qquad (20)$$

де τ - тривалість вирощування тварин, днів.

Енерговитрати на корми дорівнюють

$$E_{вит}^{к} = m_т\, \tau\, (\alpha \Delta t + \beta)\ . \qquad (21)$$

Енерговитрати $Е_{вит}^{скп}$ представимо як

$$E_{вит}^{скп} = E_{об} + E_ч\ . \qquad (22)$$

Річні витрати технічної теплоти на опалення і вентиляцію $E_ч$ можна визначити з рівняння (12), а енерговитрати на обладнання $E_{об}$ пропорційні масі обладнання

$$E_{об} = C_м M_{скп}, \quad (23)$$

де $C_м$ - питомі енерговитрати матеріалів обладнання СКП, ГДж/т; $M_{скп}$ - маса обладнання СКП, т.

Числові значення коефіцієнтів приймаємо для відгодівельного поголів'я ВРХ на основі рахунків a =-0,001; b = 0,025; c = 0,645; α = 0,05; β = 7,13. Підставляючи дані для тваринницького приміщення на 600 гол. І періоду вирощування в рівняння (16-23), отримаємо значення коефіцієнта енергетичної ефективності η_{ee}^{t} . На рис. 2 наведено залежність коефіцієнта енергетичної ефективності системи кондиціонування повітря від температури повітря всередині тваринницького приміщення, яка показує, що з підвищенням температури повітря $t_в$ від 0 до +10 °С значення коефіцієнта теж зростає і досягає свого максимуму при температурі +10 °С. Подальше підвищення температури призводить до різкого зниження значення коефіцієнта, хоча максимальна продуктивність тварин спостерігається при $t_в$=+15 °С.

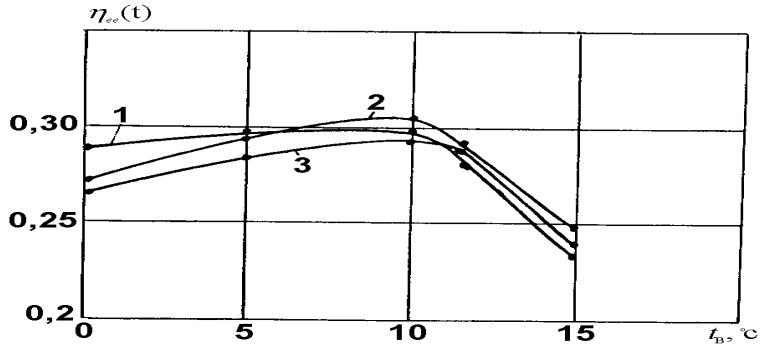

Рис.2. Залежність коефіцієнта енергетичної ефективності від температури повітря у тваринницькому приміщенні:
1 – R = 0.5 м^2 ^{0} С/Вт; 2 - R = 1.0 м^2 ^{0} С/Вт; 3 - R = 2.0 м^2 ^{0} С/Вт.

Слід відзначити, що у вищенаведеній моделі приймали, що температура зовнішнього повітря для опалювального періоду постійна і дорівнює середній розрахунковій для певної кліматичної зони. Тому представляє інтерес залежність оптимальної температури повітря всередині приміщення від температури зовнішнього повітря $t_н$. Підставляючи в рівняння (13) значення $t_н$ отримано залежність $t_в$ від температури зовнішнього повітря і відносної

вологості приміщення (рис. 3). Ця залежність показує, що для підтримання максимуму коефіцієнта енергетичної ефективності необхідно температуру внутрішнього повітря змінювати залежно від $t_н$ і $\varphi_в$.

Суттєво знизити енерговитрати на кондиціювання повітря у тваринницьких приміщеннях можна за рахунок використання теплоти відпрацьованого вентиляційного повітря з допомогою різних типів теплоутилізаторів.

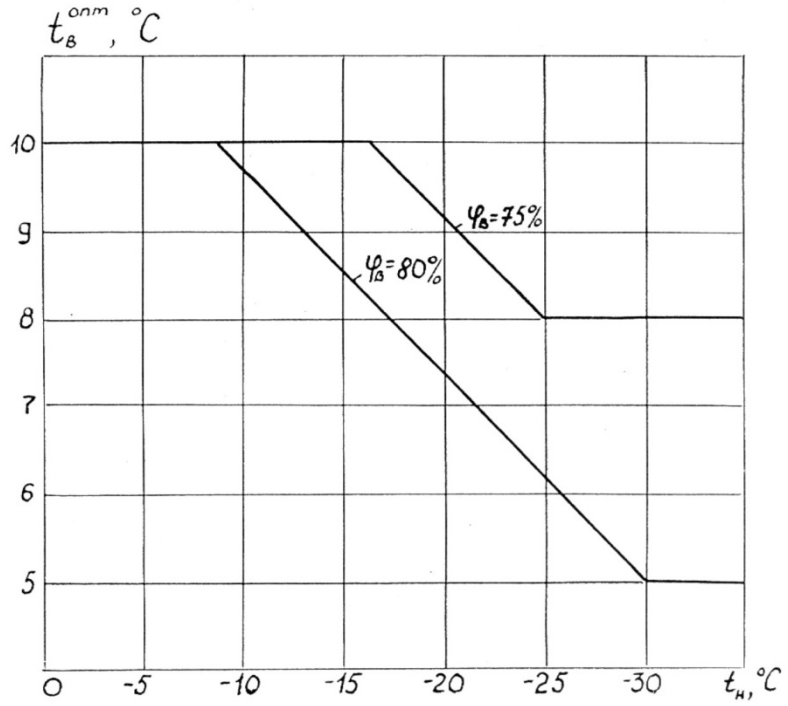

Рис. 3. Залежність енергетично оптимальної температури повітря в середині приміщення від температури зовнішнього повітря

Загальним для всіх запропонованих у цьому розділі моделей дослідження ефективності СКП є аналітичний метод дослідження об'єкта управління. Однак, цей метод найбільш ефективний для об'єктів з порівняно простою структурою. Статичні і динамічні залежності температури, вологості, швидкості руху повітря, газового складу та інших показників мікроклімату тваринницького приміщення від роботи СКП, від збурюючих дій (тепло- і вологовиділень тварин, типу приміщення, віку тварин, температури і вологості зовнішнього повітря, швидкості і напрямку вітру, сонячної радіації), специфічних характеристик

самого приміщення досить складні. Описати такий об'єкт математично досить важко. За цих умов оптимізувати енергоспоживання СКП можна на основі спеціалізованих систем контролю і управління.

Вирішення завдань автоматичного контролю і управління з використанням ЕОМ засновано на достовірних математичних моделях, які мають певні вимоги порівняно з моделями для проектування:

- необхідність високої точності числового моделювання теплового режиму. Тільки на цій основі можливе забезпечення якісного управління тепловим режимом; обмеження на програму для ЕОМ за обсягом і часом і обчислень;
- виконання цих вимог примушує відмовитись від універсальної математичної моделі і перейти до спеціалізованої моделі.

В основу математичної моделі теплового режиму тваринницького приміщення може бути покладено рівняння теплового балансу виду

$$Q_{пр} - Q_{вт} = \mu_д \ , \qquad (24)$$

де $Q_{пр}$ - теплота, що продукується тваринами і СКП, Вт; $Q_{вт}$ - теплові втрати через огорожі та з видаленим повітрям, Вт; $\mu_д$ - комплексний показник дискомфорту; характеризує порушення теплового балансу тваринницького приміщення.

Тепловий баланс або стан комфорту настає тоді, коли $\mu_д = 0$. За цим показником можна здійснювати регулювання одного або декількох параметрів (температури, вологості, швидкості руху повітря), які забезпечують комфортні умови в приміщенні при мінімумі витрат енергії.

На рис. 4 наведено блок-схему системи автоматичної оптимізації СКП, завдання якої полягає в максимізації коефіцієнта енергетичної ефективності, величина якого залежить від багатьох параметрів, що застосовуються для прямої ідентифікації режимів кондиціонування:

$$F = F_o[\eta_{ее}^{скп}(П, P, m_т, E_к, t_в, t_н, \varphi_в, v)] \rightarrow max \ , \qquad (25)$$

де $П$ – продуктивність тварин, кг/добу; $Р$ - середня маса тварин, кг; m_m - кількість тварин у приміщенні; $E_к$ – енерговитрати кормів, ГДж/ц; $t_в$, $\varphi_в$, v – температура, вологість і швидкість руху повітря всередині приміщення; $t_н$ – температура зовнішнього повітря, °С.

Сигнал з датчиків стану об'єкта ($Д_t$, $Д_\varphi$, $Д_v$), а також дані, що вводяться через блок БІД, надходять у мікропроцесорний обчислювальний пристрій УОК, в який введено модель теплового балансу організму тварини (МТБТ).

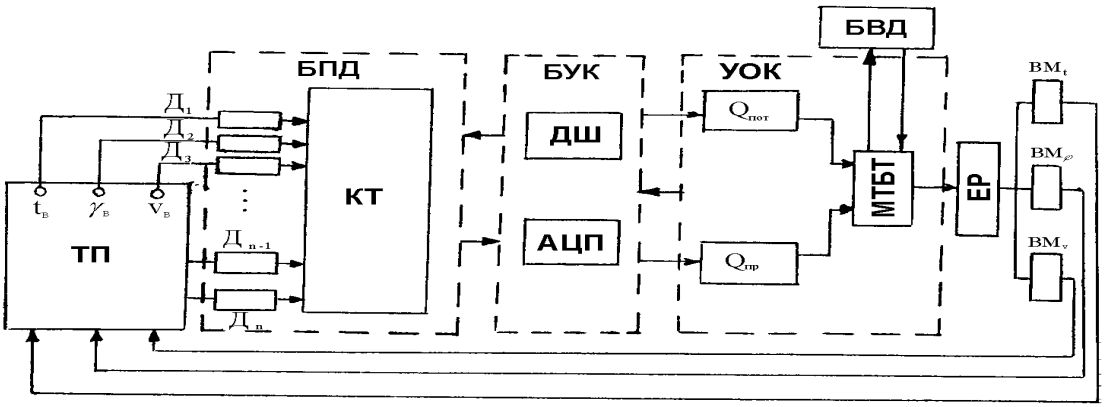

Рис. 4. Блок-схема системи автоматичної оптимізації СКП:

ТП- тваринницьке приміщення; $Д_1$ – $Д_п$ – датчики; БПД – блок підключення датчиків; КТ – комутатор; БУК – блок управління комутатором; ДШ – дешифратор; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; УОК – керуючий обчислювальний комплекс; МТБТ – модель теплового балансу організму тварини; БВД – блок вихідних даних; ЕР – екстремальний регулятор; ВМ – виконавчий механізм

Система автоматичної оптимізації включає керуючий обчислювальний комплекс (УОК), блок управління комутатором (БУК), що містить дешифратор ДШ, аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) та блок підключення датчиків (БПД).

Під дією сигналів управління від УОК блок БУК підключає через АЦП один з датчиків до УОК для зчитування показів з АЦП у пам'ять ЕОМ.

Підключення датчиків до УОК може здійснюватись автоматично, послідовно у всіх приміщеннях або в заданій оператором точці контролю.

Головним елементом системи автоматичної оптимізації є модель теплового балансу організму тварини, за допомогою якої розв'язується рівняння теплового балансу (24). У випадку порушення теплового балансу на вході МТБТ формується сигнал у вигляді комплексного показника дискомфорту μ_∂, який попадає на екстремальний регулятор (ЕР). ЕР згідно з прийнятим законом регулювання подає сигнали на виконавчі механізми $ВМ_t$, $ВМ_\varphi$, $ВМ_v$ і таким чином діє на регульовані параметри мікроклімату.

Висновки і перспективи. На основі розробленої математичної моделі визначена ефективність енергетичних витрат залежно від параметрів мікроклімату (температури, відносної вологості, швидкості руху повітря і температури внутрішніх поверхонь огорож). Встановлено, що в зимовий період року температура повітря у тваринницькому приміщенні з відгодівлі ВРХ з біоенергетичної точки зору має бути в межах +10 - +5 ^{0}C і зі зниженням температури і підвищенням вологості зовнішнього повітря знижується. Це дозволяє зменшити витрати теплової енергії на мікроклімат при незмінному коефіцієнті біоенергетичної ефективності.

Список використаних джерел

1. Технологія виробництва продукції тваринництва / За ред. О.Т. Бусенка.- К.: Вища освіта, 2005. – 496 с.

2. Ревенко І. І. Машиновикористання у тваринництві : / І. І. Ревенко, В. М. Манько, В. І. Кравчук. - К. : Урожай, 1999. – 207 с.

3. Шабельник Б.П. Теорія та розрахунок машин для тваринництва / Б. П. Шабельник, М. М. Троянов, І. Г. Бойко, О. В. Нанка, А. І. Дзюба. - Х., 2002. - 212 с.

References

1. Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva [Technology of livestock production] Za red. O.T. Busenka (2005). Kyiv: Vyshcha osvita,, 496.

2. Revenko, I. I., Manko, V. M., Kravchuk, V. I. (1999). Mashynovykorystannia u tvarynnytstvi [The use of machinery in livestock]. Kyiv : Urozhai., 207.

3. Shabelnyk, B.P., Troianov, M. M., Boiko, I. H., Nanka, O. V., Dziuba, A. I. (2002). Teoriia ta rozrakhunok mashyn dlia tvarynnytstva [The theory and calculation machines for livestock]. Kharkyv, 212.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

А. И. Чмиль

Аннотация. *Продуктивность животных при условии полноценного кормления достигает высокого уровня только при создании микроклимата, отвечающего их биологическим потребностям. Снижение прироста массы животных вследствие дискомфортного микроклимата не только снижает коэффициент полезного использования энергии корма, но и приводит к увеличению срока откорма, дополнительного освещения помещений, использование технологического оборудования, недополучение продукции на занимаемых производственных площадях.*

Комфортные параметры микроклимата (температура, относительная влажность и скорость движения воздуха, а также температура окружающих поверхностей), при которых производство животноводческой продукции наиболее экономично, могут иметь разные значения в зависимости от возраста, массы и породы животных, энергосодержания кормов, теплоизоляционных свойств шерсти и поведения животных.

На основе разработанной математической модели определена эффективность энергетических затрат в зависимости от параметров микроклимата (температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и температуры внутренних поверхностей ограждений). Установлено, что в зимний период года температура воздуха в животноводческом помещении по откорму КРС с биоэнергетической точки зрения должна быть в пределах +10 - +5 ^{0}С.

Ключевые слова: ***энергопотребление, микроклимат, животноводческое помещение.***

OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION OF THE AIR CONDITIONING SYSTEM IN ANIMAL HOUSING

A. Chmil

Abstract. *The productivity of animals, subject to a high-level feeding, reaches a high level only when creating a microclimate that meets their biological needs. Reducing the weight gain of animals due to the discomfort microclimate will not only reduce the usefulness of feed energy, but also increase the time of fattening, additional*

lighting of premises, the use of technological equipment, and lack of production of products on occupied production areas.

Comfortable parameters of the microclimate (temperature, relative humidity and air velocity, as well as the temperature of the surrounding surfaces), in which the production of livestock products is most economical, may have different meanings depending on the increase, mass and breed of animals, the energy content of fodders, the thermal insulation properties of wool and the behavior of animals .

Based on the developed mathematical model, the efficiency of energy costs is determined depending on the parameters of the microclimate (temperature, relative humidity, air velocity and temperature of the internal surfaces of the fences). It has been established that in the winter season, the temperature of air in a livestock unit for fattening cattle from bioenergetic point of view should be within the range of +10 - +5 ^0C.

Key words: ***energy consumption, microclimate, livestock premises***