

УДК 631.227:628.8/9.001.57

I. Garasymchuck, candidate of technical Science,

P. Potapsky, candidate of technical Science,

Y. Panzir, candidate of technical Science State Agrarian and Engineering University in Podilya

RESULTS ANALYSIS DIVISION TEMPERATURE FIELDS IN A PIGSTY-QUEEN

Annotation. To investigate the fundamental patterns of spatial distribution of temperature and moisture fields for livestock use analytical and experimental means. However, due to the complexity of processes and indeterminacy series features the traditional method of constructing mathematical description of heat and mass transfer processes in livestock buildings is not enough effective.

The most widely recognized and intensive development has received research method parametric temperature and moisture fields for livestock-based processing of the experimental data collected directly in the operation of the object. Due to the large number of conflicting factors random, influencing the temperature and moisture fields for livestock, to study their characteristics using variational and statistical methods. So far, no general method of constructing a distributed control systems for different types of livestock buildings, addressing key stages of analysis and synthesis of these systems.

The paper attempts to highlight the significant specific conditions specific to livestock buildings, and justify an effective method for the synthesis of distributed control their operational temperature and humidity parameters. In this case,

the research focused on the nature of the distribution of parameter fields in the volume of livestock buildings that determines the choice of a rational structure of the automatic control system.

In this study highlighted significant specific conditions, typical for farm buildings. Proved an effective method of synthesis of distributed control of their regime of temperature and humidity parameters. Investigated the distribution of parametric fields in terms of livestock buildings, which determines the choice of a rational structure of automatic control system. According to the results of studies found variability of the distribution of temperature and humidity fields for individual intersections premises and different times. Obtained three series of mutual correlation functions – for summer, winter and transitional seasons.

Keywords: distributed control, temperature and humidity conditions, dynamic characteristics, livestock premises.

І.Д. Гарасимчук, П.В. Потанський, Ю.І. Панцир, кандидати технічних наук, доценти ПДАТУ

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИХ ПОЛІВ У СВИНАРНИКУ-МАТОЧНИКУ

Виділено істотно специфічні умови, характерні для тваринницьких приміщень. Обґрунтовано ефективний метод синтезу розподіленого контролю їх режимних температурно-вологісних параметрів. Досліджено характер розподілу параметричних полів по об'єму тваринницьких приміщень, що визначає вибір раціональної структури автоматичної системи контролю. За результатами досліджень встановлено непостійність характеру розподілу температурно-вологісного поля для окремих перетинів приміщення й різних моментів часу. Отримано три серії взаємних кореляційних функцій – для літнього, зимового й перехідного періодів року.

Ключові слова: розподілений контроль, температурно-вологісний режим, динамічні характеристики, тваринницьке приміщення.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Серед сучасних безперервно діючих багатомірних сільськогосподарських об'єктів керування з розподіленими параметрами важливе місце займають тваринницькі приміщення з регульованим штучним мікрокліматом.

Недотримання мікрокліматичних умов утримання тварин обумовлює незадовільний санітарно-гігієнічний стан приміщень і приводить до зниження продуктивності й підвищенню захворюваності тварин. У створенні мікроклімату у тваринницьких приміщеннях найважливіша роль належить системі раціонального контролю його режимних параметрів.

У більшості автоматичних систем регулювання параметрів мікроклімату тваринницьких приміщень не передбачено спеціальних засобів, що здійснюють розподілений контроль їхніх режимних параметрів. Функціонування їх засноване на припущенні, що в приміщеннях відсутні значні градієнти температурно-вологісних полів. Однак такий підхід до рішення завдання контролю сучасних тваринницьких приміщень, що характеризуються значними геометричними параметрами, у ряді випадків приводить до зниження якості керування й не дає бажаних результатів.

Для ефективного керування параметрами мікроклімату у своєму розпорядженні необхідно мати достовірні дані про просторово-тимчасові характеристики параметричних температурно-вологісних полів тваринницьких приміщень і лише з урахуванням отриманої інформації формувати керуючий вплив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Для дослідження основних закономірностей просторового розподілу температурно-вологісних полів тваринницьких приміщень використовують аналітичний і експериментальний шляхи [1]. Однак у зв'язку зі складністю процесів і недетермінованістю ряду характеристик традиційний метод побудови математичного опису тепло- і масообмінних процесів у тваринницьких приміщеннях виявляється недостатньо ефективним [2, 3].

Найбільш широке визнання й інтенсивний розвиток одержав метод дослідження параметричних температурно-вологісних полів тваринницьких приміщень, заснований на обробці експериментальних даних, зібраних безпосередньо в процесі функціонування досліджуваного об'єкта. Унаслідок великої кількості суперечливих факторів випадкового характеру, що впливають на формування температурно-вологісних полів тваринницьких приміщень, для дослідження їхніх характеристик використовують варіаційно-статистичні методи. Дотепер відсутня загальна методика побудови систем розподіленого контролю стосовно до різних типів тваринницьких приміщень, що охоплювала б основні етапи аналізу й синтезу цих систем.

Постановка завдання. У роботі зроблена спроба виділити істотно специфічні умови, характерні для тваринницьких приміщень, і обґрунтувати ефективний метод синтезу розподіленого контролю їх

режимних температурно-вологісних параметрів. При цьому основна увага приділялася дослідженню характеру розподілу параметричних полів по об'єму тваринницьких приміщень, що визначає вибір раціональної структури автоматичної системи контролю.

Виклад основного матеріалу дослідження. Необхідна відстань між датчиками, розташованими по об'єму тваринницьких приміщень, оцінювалася за методикою, викладеною Е.А. Іцковичем [4]. Сутність методу полягає в тім, що, одержуючи первинну дискретну інформацію від датчиків, розташованих по об'єму тваринницького приміщення, шляхом відповідної її інтерполяції, відновлюють дійсний рельєф досліджуваних параметричних температурно-вологісних полів [5].

Розглянемо варіант, коли розподіл температурних полів у тваринницькому приміщенні носив випадковий характер. Тут зміну температури $t(x, y, \tau)$ і відносної вологості $\varphi(x, y, \tau)$ повітря по довжині x і ширині y приміщення розглядали як випадкову функцію. При цьому стаціонарність поля обумовлювалася незалежністю статистичних характеристик від координат розглянутої точки поля. Це потребувало визначати для кожної i -ої і j -ої точки просторової координати приміщення математичне очікування $m_i(x_i)$, $m_i(y_i)$ і для кожної пари точок i і j кореляційну функцію поля $r_i(x_i, x_j)$, $r_i(y_i, y_j)$. Оцінки статистичних характеристик обчислювали за середніми значенням $t(x, y)$.

Математичне очікування поля в i -й точці оцінювали згідно виразу

$$m_i(x_i) = \frac{\sum_{k=1}^S t(x_i)}{S}; \quad (i=1, 2, \dots, N), \quad (1)$$

де S – загальне число реалізацій.

Тут і надалі для спрощення запису прийнято

$$t(x_i, \tau_k) = t(x_i).$$

Кореляційну функцію для будь-яких двох точок температурного поля оцінювали згідно виразу

$$r_i(x_i, x_j) = \frac{\sum_{k=1}^S [t(x_i) - m_i(x_i)][t(x_j) - m_i(x_j)]}{S-1}. \quad (2)$$

Обчислення оцінки кореляційної функції в різних точках поля $r_i(x_i, x_j)$, $r_i(y_i, y_j)$ аналізували з погляду близькості їхніх значень при рівних $x = x_i - x_j$ і $y = y_i - y_j$. Можлива нестаціонарність по математичному очікуванню виключалася центруванням функції $t(x, y)$. Значення центрованої функції для будь-якої вимірюваної точки поля в одній з безлічей одержуваних результатів визначали за формулою

$$t_k^*(x_i) = t_k(x_i) - m_i(x_i), \quad (3)$$

де $i = 1, 2, \dots, N$;

$K = 1, 2, \dots, S$.

При цьому велике значення контрольованих величин по просторових параметрах приміщення оцінювалося інтерполяцією температурного поля в точках:

$$x_0, x_1, \dots, x_{m+1}, \dots, x_m. \quad (4)$$

За умовами поставленого завдання виконувалася наступна нерівність:

$$\sqrt{M[\varphi(x) - t^*(x)]^2} \leq \sigma, \quad (5)$$

де M — математичне очікування;

σ — задане значення середньоквадратичної погрішності виміру досліджуваного розподілу температурного поля.

Використовуючи для цих цілей параболічну інтерполяцію по теоремі Лагранжа, одержували розрахункове значення досліджуваного температурного поля:

$$\varphi(x) = R_0 t^*(x_0) + R_1 t^*(x_1) + \dots + R_m t^*(x_m) + \dots + R_0 t^*(x_m). \quad (6)$$

При цьому погрішність інтерполяційного члена оцінювалася виразом:

$$\varphi(x) - t(x) = \frac{t^{*(K+1)}(\zeta)}{(K+1)} (x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_k), \quad (7)$$

де ζ – деяке проміжне значення між точками x_0 і x_k

Для оцінки значень $(x - x_0) \dots (x - x_k)$ у формулу (7) підставляли $x = x_m + \frac{h}{2}$,

де h – шукана відстань між сусідніми вимірюваними точками температурного поля:

$$(x - x_0) \dots (x - x_K) = h^{K+1} \prod_{p=0}^K \left[(m - p) + \frac{1}{2} \right], \quad (8)$$

де $K + l$ – число вузлів інтерполяції.

Максимальне значення добутку (8) приймає при $m = K$. Тоді

$$(x - x_0) \dots (x - x_K) \leq \frac{h^{K+1}}{2^{K+1}} 1.3.5 \dots (2K+1). \quad (9)$$

Підставляючи у формулу (5) значення погрішності багаточлена (6) і з огляду на оцінку (8), одержали

$$\sigma \geq \frac{\sqrt{M [t^{*(K+1)}(\zeta)]^2}}{K+1} \frac{h^{K+1}}{2^{K+1}} 1.3.5 \dots (2K+1). \quad (10)$$

Тут

$$M = \sqrt{\{M [t^{*(K+1)}(\zeta)]\}^2} = [t^{*(K+1)}(\zeta)]$$

З огляду на те, що в цьому випадку вимірювана випадкова функція центрована, можна стверджувати, що середнє значення $K + 1$ -ї похідної такої функції завжди дорівнює нулю, а сама функція $t^{*(K+1)}(x)$ є також стаціонарною й випадковою.

По визначенню дисперсії центрованої функції стаціонарної випадкової функції можна записати:

$$t^{*(K+1)}(\zeta)_{\text{ср.кв}} = \sqrt{r_t^{[2(K+1)]}(0)}. \quad (11)$$

З огляду на відому формулу для визначення кореляційної функції $K + 1$ -ї похідної

$$r_t^{*(K+1)}(x) = (-1)^{K+1} r_t^{[2(K+1)]}(x) \quad (12)$$

і підставляючи її у вираз (11), отримали

$$(r_t^{*(K+1)}(\zeta))_{\text{ср.кв}} = \sqrt{(-1)^{K+1} r_t^{[2(K+1)]}(0)}. \quad (13)$$

Для класу цілих функцій експоненціального типу, для яких норма

$$\|\lambda\|^2 = \int_0^\infty [\lambda(\tau)]^2 d\tau < \infty \quad (14)$$

справедлива наступна нерівність:

$$\max_{-\infty < x < \infty} [\lambda^K, \tau] \leq \sqrt{\frac{\omega_c}{\pi}} \|\lambda\| \frac{\omega_c}{\sqrt{2K+1}}. \quad (15)$$

У нашому випадку кореляційна функція ставиться до зазначеного класу, тобто для неї виконується умова

$$\|r_t\|^2 = \int_{-\infty}^\infty [r_t(x)]^2 dx < \infty. \quad (16)$$

Тому

$$\max_{-\infty < x < \infty} |r_t^{[2(K+1)]}(x)| = r_t^{[2(K+1)]}(0) \leq \sqrt{\frac{\omega_c}{\pi}} \|r_t\| \frac{\omega_c}{4K+1}, \quad (17)$$

де ω_c – частота зрізу спектра функції $r_t(x)$

Підставляючи оцінку (17) у формулу (13), а її відповідно у (10), одержуємо:

$$\sigma \geq \frac{1.3.5 \dots (2K+1)}{(K+1)2^{K+1}} h^{K+1} \sqrt{\frac{\omega_c^{2(K+1)}}{4K+5}} \sqrt{\frac{\omega_c}{\pi}} \|r_t\|. \quad (18)$$

Вирішуючи цей вираз, визначаємо шукану відстань між сусідніми датчиками h_d :

$$h_d = \frac{2^{K+1}}{\omega_c} \sqrt{\frac{(K+1)\sigma}{1.3.5 \dots (2K+1) \sqrt{\|r_t\|} \sqrt{\frac{\omega_c}{\pi(4K+5)}}}}. \quad (19)$$

При використанні найбільш простої лінійної інтерполяції h_d відстань між сусідніми датчиками

$$h_d = \frac{2}{\omega_c} \frac{\sqrt{\frac{2}{3}\sigma}}{\sqrt{\|r\| \sqrt{\frac{\omega_c}{\pi}}}} \quad (20)$$

Для одержання числових значень статистичних параметрів, що описують досліджуваний процес, була організована серія дослідів по визначенню первинної інформації про топологію просторового розподілу температурно-вологісного поля свинарського приміщення. Як дослідне приміщення був узятий свинарник-маточник на 120 голів, експлуатований в умовах господарства «Першотравневе» Млинівського району Рівненської області. У першому варіанті досліді контрольні датчики температури й вологості повітря розміщалися на висоті 0,9 м від підлоги в 18 місцях приміщення і в завдання входило оцінити розподіл температурно-вологісних параметрів по площі свинарника.

Для оцінки статичного розподілу мікрокліматичних режимних параметрів були проаналізовані значення температури й відносної вологості повітряного середовища в контрольних точках досліджуваного приміщення для окремих моментів безперервної їхньої реєстрації. Виявилось, що характер розподілу температурно-вологісного поля непостійний для окремих перетинів приміщення й різних моментів часу. Для чисельної оцінки статичної нерівномірності розподілу температурно-вологісного поля приміщення була обрана методика, заснована на імовірнісному підході.

У табл. 1 наведені вибіркові дані статистично оброблених характеристик температурного поля по площі свинарника.

Таблиця 1

Оцінка статистичних характеристик температурного поля по площі свинарника, °С

Час замірів, τ , год.	Літо			Осінь			Зима		
	$t_{кр}$	m_t	σ_t	$t_{кр}$	m_t	σ_t	$t_{кр}$	m_t	σ_t
8.00	15,3	15,1	2,4	13,1	12,7	1,9	16,1	15,8	1,4
12.00	20,1	19,8	2,8	15,6	14,8	1,8	16,4	15,9	1,3
16.00	20,8	19,9	2,9	15,8	14,6	1,3	16,1	15,8	1,4
20.00	19,4	18,7	2,3	14,7	13,9	1,7	17,0	16,8	1,2

З аналізу дані таблиці 1 видно, що середньоквадратичні відхилення температури σ_t характеризують її розкид по площі свинарника, – величини непостійні. У літній період при значному вентиляванні приміщення помітна тенденція до збільшення нерівномірності температурного поля і в окремі моменти часу коливання температури становить 2,9°. Восени й узимку така тенденція помітно зменшується. У проведеному досліді розкид параметрів відносної вологості повітряного середовища по площі приміщення був незначний і склав для літнього періоду 3...6%, а в перехідний і холодний період збільшився до 12%. Для визначення ступеня нерівномірності розподілу мікрокліматичних температурно-вологісних параметрів по висоті свинарника виконували спеціальний дослід. Для цього контрольні датчики температури й відносної вологості повітря розташовували в контрольному приміщенні на трьох характерних рівнях: над підлогою, на висоті 0,9 м від неї і під стелею приміщення. Оцінки статистичних характеристик нерівномірності розподілу по висоті приміщення наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Оцінки статистичних характеристик температурно-вологісних полів по висоті приміщення свинарника в холодний період

Місце установки датчиків	Режимний параметр мікроклімату			
	t °С		φ %	
	Оцінки статистичних характеристик			
	m_t , °С	σ_t , °С	m_φ , %	σ_φ , %
Над підлогою	19,3	1,3	60,8	5
На висоті 0,9 м від підлоги	20,4	1,1	64,5	6
Під стелею	19,1	1,2	65,5	9

Як видно з таблиці, температурно-вологісні поля досить рівномірно розподілені по висоті приміщення. Розкид між значеннями температури на висоті 0,9 м від підлоги й значеннями температури у верхній зоні приміщення в середньому становить 0,2...1,3°, а відносної вологості – 5%.

Для оцінки впливу розподіленого температурного поля приміщення свинарника на динамічні характеристики досліджуваного об'єкта обчислювалися взаємні кореляційні функції між процесами зміни температури в різних точках приміщення в зоні розташування тварин. За результатами експериментів отримано три серії взаємних кореляційних функцій – для літнього, зимового й перехідного періодів року. Вихідним матеріалом для розрахунку було 50 масивів по 500 координат кожний, складені за даними вимірів температури повітря в контрольних точках приміщення.

Характеристики свідчать про порівняно високий ступінь динамічного зв'язку між процесами зміни температури повітря на низьких частотах.

Усереднюючи значення $r_i(x_i, x_j)$ при різних x , одержали апроксимуючу функцію

$$r_x = A_1 \exp(-\gamma_1) \|x\| \quad (21)$$

де $A_1 = 0,418$, $\gamma_1 = 0,90$.

Значення норми функції $\|r_{xy}\|$ по координаті x склало $\|r_x\| = 1,253$.

Застосовуючи перетворення Фур'є до формули (21), одержимо вираз для спектральної щільності поля:

$$S_x(\omega) = \frac{A_1}{\pi} \frac{2\gamma_1}{\omega_c^2 + \gamma_1^2} \quad (22)$$

Частота зрізу $\omega_{c,x}$ по просторовій координаті x склала 0,418.

При заданому значенні точності контролю температурного поля, рівному 0,1, одержали оцінку для необхідної відстані між сусідніми датчиками, розташованими по координатній змінній x .

При використанні лінійної інтерполяції поля, коли $K = 1$, $\omega_{c,x} = 0,418$ і $\|r_x\| = 1,253$, шукана відстань склала 2,6 м.

Висновки. Для оцінки статичного розподілу мікрокліматичних режимних параметрів були проаналізовані значення температури й відносної вологості повітряного середовища в контрольних точках свинарника-маточника на 120 голів господарства «Першотравневе» Млинівського району Рівненської області для окремих моментів безперервної їх реєстрації. Для чисельної оцінки статичної нерівномірності розподілу температурно-вологісного поля приміщення була обрана методика, заснована на імовірнісному підході.

За результатами експериментів отримано три серії взаємних кореляційних функцій – для літнього, зимового й перехідного періодів року.

Отримані характеристики свідчать про порівняно високий ступінь динамічного зв'язку між процесами зміни температури та вологості повітря на низьких частотах.

Список використаних джерел

1. А.А. Андреев, И.Д. Гарасимчук. Моделирование процессов управления температурными режимами в закрытых помещениях. // Сб. трудов межд. симп. «Наука и предпринимательство». – Винница-Мукачево, 2001. – С. 237-239.
2. Гарасимчук І. Д. Концентраційний розподіл шкідливих газових фракцій по висоті в закритих птахівничих приміщеннях // Вісник ХДТУСУГ «Питання електрифікації сільського господарства», вип. 4. – Харків. – 2001. – С. 118-120.
3. Мартыненко И.И., Гирнык Н.Л., Полищук В.М. Автоматизация управления температурно-влажностными режимами сельскохозяйственных объектов. / Всесоюзная академия с.-х. наук им. В.И. Ленина. – М.: Колос, 1984. – 152 с.
4. Гирнык Н.Л., Выходец В.В., Полищук В.М. Статистические и динамические свойства животно-водческого помещения как объекта автоматического регулирования. Научные труды Львовского сельскохозяйственного института. Т. 79. – Львов: 1978. – С. 100-106.

Аннотація. Виділені суттєво специфічні умови, характерні для животноводчих приміщень. Обосновано ефективний метод синтезу розподіленого контролю їх режимних температурно-влажностних параметрів. Исследовано характер распределения параметрических полей по объему животноводческих помещений, который определяет выбор рациональной структуры автоматической системы контроля. По результатам исследований установлено непостоянство характера распределения температурно-влажностного поля для отдельных пересечений помещения и разных моментов времени. Получены три серии взаимных корреляционных функций – для летнего, зимнего и переходного периодов года.

Ключевые слова: распределенный контроль, температурно-влажностной режим, динамические характеристики, животноводческое помещение.