

ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ
ТВАРИННИЦЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ ПІД ЧАС ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

Трунова І. М., к.т.н., доц., e-mail: trunova_iryana@btu.kharkov.ua

Чигринець К. Д., магістр, e-mail: mrchigrinets@gmail.com

Іванченко О. В, бакалавр, e-mail: allo290416117@ukr.net

Державний біотехнологічний університет

Актуальність дослідження. Згідно з Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів [1] на кожному підприємстві необхідно забезпечити ефективні режими використання електричної енергії. Також типова методика «Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту» [2] передбачає, що одним із завдань енергоаудитора є аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів в енергоємних системах, технологічних установках, технологічних процесах та підрозділах. Енергетичний аудит системи мікроклімату тваринницьких приміщень (як правило, найбільш енергоємної системи забезпечення функціонування технологічного процесу) базується на аналізі витрат теплової енергії з приміщення та надходження теплової енергії, тобто на аналізі складових теплового балансу приміщення. При цьому, алгоритм розрахунків має враховувати багато чинників впливу на ці складові, в тому числі, фізіологію тварин. Тому дослідження математичної моделі теплового балансу тваринницького приміщення з метою розробки заходів з підвищення енергоефективності технологічного процесу є актуальним завданням.

Основні матеріали досліджень. Узагальнена математична модель теплового балансу тваринницького приміщення, що використовується під час енергетичного аудиту, може бути представлена у вигляді

$$Q_{ог} + Q_{в} = Q_{оп} + Q_{т}, \quad (1)$$

де $Q_{ог}$, $Q_{в}$, $Q_{оп}$, $Q_{т}$ – відповідно витрати теплової енергії через огороження та з вентиляційним повітрям (витратна частина теплового балансу) та надходження теплової енергії від системи опалення та тварин (прибуткова частина теплового балансу) [3,4].

Дослідження математичної моделі теплового балансу тваринницького приміщення на прикладі приміщення для утримання молодняка великої рогатої худоби віком від 6 до 18 місяців виконувалися за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel. Були розроблені комп'ютерні програми відповідних розрахунків, фрагмент однієї з них (комп'ютерної програми розрахунку втрат тепла через огороження приміщення) приведений на рисунку 1.

S3		fx = (2,1*M5*N12+2,15*M4*N12+2,15*(N3/2)*J16+2,15*(O3/2)*I14+P3*K18+2,1*(Q3/2)*L20)*(B3-R3)																
		Термічні опори				Загальний коефіцієнт теплопередачі				Площа, м кв					Втрати тепла через огороження			
Вихідні дані для розрахунку		(м ² *год*°C)/Дж				к.Тл/(м ² *год*°C)									(кДж/год) при температурі зовнішнього повітря (град С)			
		стіл	скла	рам	стелі	воріт	стіл	скла	рам	стелі	воріт	стіл	скла	рам	стелі	воріт		
3	Оптимальна температура утримання тварин, °C	10										126	50	4,96	612	25	-23	266578
4	Розміри приміщення:											126					-20	242617
5	довжина, м	51										23,5					-15	202151
6	ширина, м	12										23,5					-10	161745
7	висота, м	3															-5	121322
8	Загальна площа скла вікон, м кв.	49,6															0	80551
9	Загальна площа рам вікон, м кв.	4,96															5	40441
10	Площа воріт, м кв.	25																
11	Товщина стін, м	0,4																
12	Теплопровідність стін, кДж/(м*год*°C)	2,931	0,136								5,5							

Рис. 1 - Фрагмент електронної таблиці з комп'ютерною програмою розрахунку втрат тепла через огороження приміщення

Результатом дослідження стали отримані аналітичні вирази для використання в комп'ютерних розрахунках. Наприклад, нехтуючи незначною зміною тепломісткості повітря від температури зовнішнього повітря, була отримана узагальнена квадратична залежність втрат теплової енергії з вентиляційним повітрям залежно від температури зовнішнього повітря з коефіцієнтами, що є незмінними при незмінних конструктивних особливостях природної вентиляції тваринницького приміщення (загальної площі перерізу та висоти вентиляційних шахт).

Також дослідження показали, що при певних конструктивних особливостях приміщення залежність втрат теплової енергії через огороження від температури зовнішнього та внутрішнього повітря при деякій нормованій зоотехнічними документами [5] оптимальній температурі утримання тварин можна представити у вигляді лінійної залежності з коефіцієнтами, що є також незмінними при незмінних конструктивних особливостях приміщення (виду, товщині та теплопровідності конструкцій).

Аналіз прибуткової частини теплоенергетичного балансу (1) також необхідний для енергетичного аудиту та для ефективного керування системою мікроклімату тваринницького приміщення. Надходження тепла від системи опалення (Q_{on}) має перевірятися за технічними характеристиками та керуватися залежно від інших складових теплоенергетичного балансу для енергоефективного підтримання необхідних параметрів мікроклімату приміщення згідно [5]. Тому дуже важливо врахування ще однієї складової теплоенергетичного балансу – надходження тепла від тварин (Q_m). З цією метою була розроблена блок-схема алгоритму розрахунку кількості виділення теплової енергії тваринами з врахуванням виду, продуктивності, ваги тварин з врахуванням аналогічних прикладів та емпіричних виразів за [6, 7].

Висновок. Необхідність врахування зоотехнічних вимог до мікроклімату тваринницьких приміщень та фізіологічних особливостей тварин вимагають розробки певних алгоритмів розрахунків для комп'ютеризованого аналізу енергоефективності та керування системою мікроклімату, що показано на прикладах отримання аналітичних виразів для визначення втрат теплової енергії через огороження приміщення, з вентиляційним повітрям природної вентиляції та розробленої блок-схеми алгоритму розрахунку надходження теплової енергії від тварин.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Електронний ресурс] // База даних «Законодавство України»/ ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#Text> (дата звернення: 15.11.2022).
2. Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту: Типова методика. [Електронний ресурс] // База даних «Законодавство України»/ ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0056656-10#Text> (дата звернення: 15.11.2022).
3. Трунова І. М. Практикум з енергетичного аудиту в АПК / І. М. Трунова, О. А. Савченко, О. В. Мірошник. – Х.: Фінарт, 2015. – 180 с.
4. Драганов Б. Х. Проектування систем тепlopостачання сільського господарства: Навч. посіб. — К.: Техніка, 2003. – 140 с.
5. Будівлі і споруди для тваринництва: ДБН В.2.2-1-95. – [Чинні з 1995-02-01]. - Держкоммістобудування України. – 40 с.
6. Трунова І. М. Фізіологічні показники тварин у розрахунку теплоенергетичного балансу приміщення/ І. М. Трунова // Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. - 2014. – №.154. – С. 8-9.
7. Трунова І. М. Вдосконалення методики розрахунку теплоенергетичного балансу тваринницьких приміщень/ І. М. Трунова, О. С. Андрусенко, Я. В. Ільченко// Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. - 2013. – №.142. – С. 3-5.