

# ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРО - ТА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

УДК 621.316.722

## ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Трунова І. М., Андрусенко О. С., Гльченко Я. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Пропонується вдосконалення методики розрахунків під час енергетичного аудиту систем мікроклімату тваринницьких приміщень. Отримані аналітичні залежності для розрахунку виділення теплоти, вологи та вуглекислого газу тваринами залежно від ваги, віку тощо.*

**Постановка проблеми.** Під час енергетичного аудиту систем мікроклімату тваринницьких приміщень необхідні розрахунки теплового балансу і на цій основі розрахунки, що обґрунтовують запропоновані енергоощадні заходи. Алгоритми розрахунків досить складні і потребують використання комп'ютерних технологій. При цьому є необхідність отримання певних аналітичних виразів, які дозволять спростити вказані алгоритми та підвищити їхню точність.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Використання комп'ютерних технологій під час енергетичного аудиту підприємств АПК розглядалося в [1], де для застосування в алгоритмах комп'ютерних програм отримані аналітичні вирази, які потребують вдосконалення та доповнення. В [2] приведені графічні залежності зміни виділення теплоти сільськогосподарськими тваринами від температури в приміщенні, але не приведені аналітичні вирази, що відповідають цим залежностям. В [3,4] приведені табличні дані норм виділення теплоти, вологи та CO<sub>2</sub> сільськогосподарськими тваринами та птицею залежно від віку, ваги тощо. Але при необхідності застосування комп'ютерних технологій для розрахунків з використанням табличних даних зручніше користуватися аналітичними залежностями, які дозволяють також визначати необхідні величини кількості вологи, теплоти, вуглекислого газу для проміжних значень вхідних величин.

**Метою даної роботи** є вдосконалення методики розрахунків теплового балансу тваринницьких приміщень.

**Основні матеріали.** Розрахунки теплового балансу тваринницького приміщення враховують виділення теплоти, вологи та CO<sub>2</sub> тваринами. Розглянемо приклад застосування табличних норм [3] виділення вологи молодняком ВРХ на відгодівлі віком від 6 місяців при температурі навколишнього середовища +10 °С (таблиця 1) в комп'ютерних розрахунках.

Таблиця 1 - Норми виділення вологи молодняком ВРХ на відгодівлі віком від 6 місяців при оптимальній температурі навколишнього середовища +10 °С

Вага тварин, кг	Виділення вологи, г/год
160	187

Продовження табл. 1

Вага тварин, кг	Виділення вологи, г/год
180	201
200	215
250	248
300	279
350	308
400	334
450	358
500	381

Для застосування комп'ютерних програм розрахунку втрат теплоти з вентиляційним повітрям вибір необхідного значення виділення вологи однією твариною з табличних даних ( $w$ , г/гол) зображений схематично у вигляді блок-схеми на рис. 1.

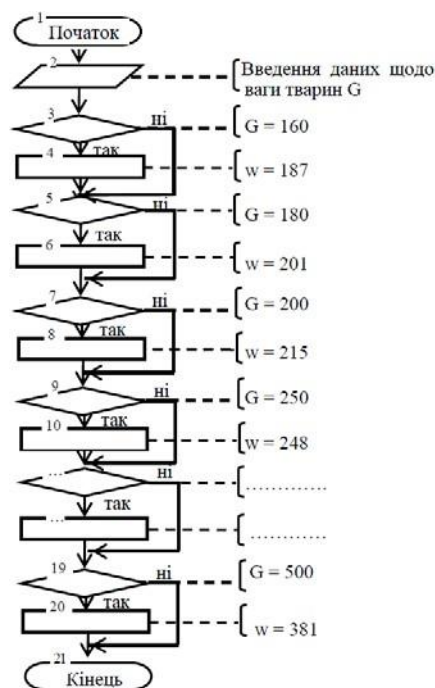


Рисунок 1 - Блок-схема алгоритму вибору табличних даних щодо кількості виділення вологи твариною залежно від її ваги

При цьому, якщо вага тварин не відповідає табличним даним, то необхідно ускладнювати алгоритм, визначаючи необхідні дані шляхом розрахунків за допомогою математичних операцій (наприклад, складання пропорцій).

Під час розрахунків зручніше користуватися аналітичними залежностями, які дозволяють визначити необхідні дані для ваги тварин, що не вказана в таблиці норм. Використовуючи електронні таблиці EXCEL, за даними табл. 1 побудовані графічні залежності з різними лініями тренда (лінійною, логарифмічною, експоненціальною та поліноміальною), отримані відповідні аналітичні залежності та значення достовірностей апроксимації. Найбільше значення достовірності апроксимації ( $R^2=0,9999$ ) було отримане для поліноміальної лінії тренда (див. рисунок 2)

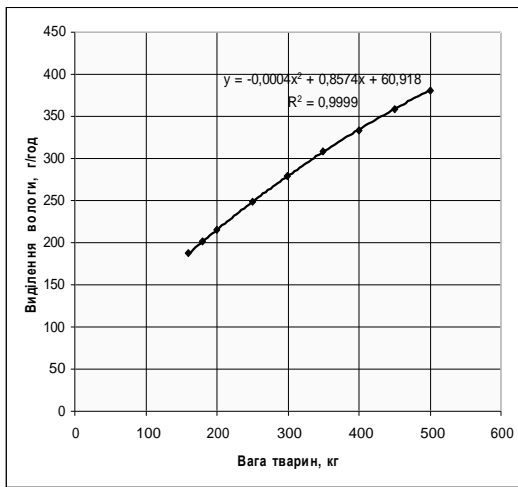


Рисунок 2 - Залежність виділення вологи молодняком ВРХ на відгодівлі віком від 6 місяців при температурі навколишнього середовища +10 °С з поліноміальною лінією тренда

Емпіричний вираз для визначення кількості вологи, що виділяє одна тварина молодняку ВРХ на відгодівлі віком від 6 місяців при оптимальній температурі утримання (+10 °С) залежно від ваги тварини:

$$w = -0,0004 \cdot G^2 + 0,857 \cdot G + 60,918, \quad (1)$$

де  $G$  – вага тварини, кг.

Перевірочні розрахунки показали, що максимальна похибка розрахункових даних за отриманим аналітичним виразом (1), складе 2,3 %. Блок-схема алгоритму розрахунків спрощується до вигляду, що приведений на рисунку 3.

Аналогічно отримані аналітичні залежності виділення теплоти, вологи,  $CO_2$  в умовах оптимальної температури утримання для інших вікових груп ВРХ, свиней тощо.

Наприклад, емпіричний вираз аналітичної залежності виділення  $CO_2$  молодняком ВРХ на відгодівлі віком від 6 місяців при температурі навколишнього середовища +10 °С:

$$c = 0,00013 \cdot G^2 + 0,1197 \cdot G + 27,589, \quad (2)$$

де  $c$  – виділення  $CO_2$  однією твариною, г/год;  
 $G$  - вага тварини, кг

з максимальною похибкою розрахункових даних за цим виразом -1,2 %.



Рисунок 3 - Блок-схема алгоритму визначення за виразом (1) кількості виділення вологи однією твариною молодняку ВРХ віком від 6 місяців при температурі навколишнього середовища +10 °С

Виділення теплоти, вологи та  $CO_2$  тваринами залежить від багатьох чинників, але одним з основних є температура навколишнього середовища. Під час обґрунтування запропонованих енергоощадних заходів виникає необхідність розрахунку теплового балансу при температурі в тваринницькому приміщенні, що відрізняється від оптимальної.

Використовуючи графічну залежність виділення загальної теплоти коровою молочного напрямку вагою 300 кг (рисунок 4) від температури навколишнього середовища [2], отримано емпіричний вираз

$$q_k = 0,6954 \cdot t^2 - 15,62 \cdot t + 877,48, \quad (3)$$

де  $t$  – температура в тваринницькому приміщенні, °С.

Максимальна похибка розрахункових даних за виразом (3) 1,15 %.

В сучасних нормах виділення вологи та теплоти тваринами [3,4] існує примітка про те, що норми виділення вологи та теплоти в нічні години приймаються нижчими на 20%. Так як в існуючих методиках розрахунків теплового балансу тваринницьких приміщень [5-7] це не враховане, то пропонуються аналітичні вирази для визначення вологи та теплоти, що виділяють тварини в нічні години, а саме

$$w_n = 0,8 \cdot k_w \cdot w \cdot n, \quad (4)$$

$$q_n = 0,8 \cdot k_q \cdot q \cdot n, \quad (5)$$

де  $k_w, k_q$  - коефіцієнти, що враховують вплив температури внутрішнього повітря на виділення вологи та теплоти,

$w, q$  - кількість вологи та теплоти, що виділяє за годину одна тварина, г/(гол·год) та Вт/гол;

$n$  - кількість тварин, гол.

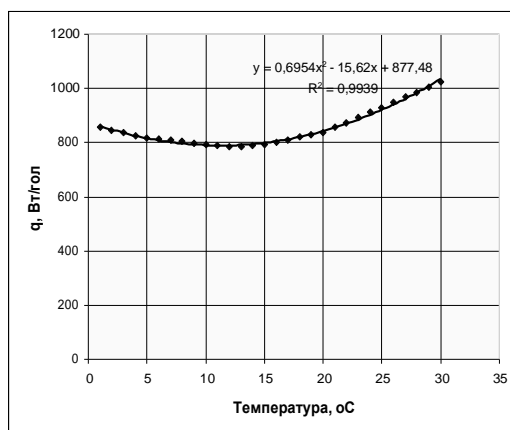


Рисунок 4 - Залежність виділення загальної теплоти коровою молочного напрямку вагою 300 кг від температури навколишнього середовища

Використання виразів (4) та (5) дозволить точніше розрахувати тепловий баланс в тваринницькому приміщенні. Наприклад, при врахуванні виразу (4) в алгоритмі розрахунку теплового балансу для умов утримання на відгодівлі 200 телят з середньою вагою 250 кг ( $w = 248$  г/(гол·год) [3]), отримуємо зменшення втрат теплоти з вентиляційним повітрям на 14% порівняно з розрахунком без врахування виразу (4).

Для спрощення алгоритму розрахунку в комп'ютерних програмах пропонуються аналітичні вирази, що отримані з використанням табличних даних коефіцієнтів [3], що враховують вплив температури внутрішнього повітря (від  $-10$  °C до  $+30$  °C) на виділення теплоти, вологи та  $\text{CO}_2$  тваринами. Наприклад, для дорослих тварин ВРХ та молодняку:

$$k = -0,0002 \cdot t^2 - 0,0127 \cdot t + 1,1321 \quad (R^2 = 0,992), \quad (6)$$

$$k_w = 0,6415 \cdot e^{0,0451 \cdot t} \quad (R^2 = 0,9998), \quad (7)$$

$$k_c = 0,7667 \cdot e^{0,0245 \cdot t} \quad (R^2 = 0,9965). \quad (8)$$

**Висновок.** Отримані аналітичні вирази вдосконалюють методику розрахунку теплового балансу тваринницького приміщення, дозволяючи виконувати більш точні та менш трудомісткі розрахунки за допомогою комп'ютерних технологій.

#### Список використаних джерел

1. Трунова І. М. Пропозиції щодо виконання енергетичного аудиту підприємств АПК / І. М. Трунова, Т. В. Дегтяр, В. В. Несстеренко // Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України.- 2009. – Вип. 87. - С. 27-29. – Бібліогр.: с. 29.

2. Егизаров, А. Г. Отопление и вентиляция зданий и сооружений сельскохозяйственных комплексов / А. Г. Егизаров. – М.: Строиздат, 1981. - 239 с.

3. Нормы технологического проектирования предприятий крупного рогатого скота: НТП 1-99. – [Введены с 1999-10-01]. Минсельхозпрод РФ. – 40 с.

4. Будівлі і споруди для тваринництва: ДБН В.2.2-1-95. – [Чинні з 1995-02-01]. - Держкоммістобудування України. – 40 с.

5. Юрков В. М. Микроклимат животноводческих ферм и комплексов. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 223 с.

6. Захаров А. А. Практикум по применению теплоты в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1985. – 175 с.

7. Курсовое проектирование по теплотехнике и применению теплоты в сельском хозяйстве: Учеб. Пособие для вузов / [Драганов Б. Х., Ковалёв В. А., Лазоренко В. А. и др.]; под ред. Б. Х. Драганова. – М.: Агропромиздат, 1991. – 176 с.; ил., табл. – Авт. указаны на обороте тит. л. – Библиогр.: с. 173-174.

#### Аннотация

#### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЁТА ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Трунова И. М., Андрусенко Е. С., Ильченко Я. В.

*Предлагается усовершенствование методики расчёта во время энергетического аудита систем микроклимата животноводческих помещений. Получены аналитические зависимости для расчета выделения теплоты, влаги и углекислого газа животными в зависимости от веса, возраста и других показателей.*

#### Abstract

#### IMPROVEMENT OF A CALCULATION METHOD OF CATTLE FARMS HEAT BALANCE

I. Trunova, E. Andrusenko, J. Ilchenko

*Improvement of a calculation method during power audit of cattle farms microclimate systems is offered. Analytical dependences for calculation of animal's heat, moisture and carbonic acid secretion depending on weight, age and others are got.*