

1. *Отопление и вентиляция / Учебн. для вузов. Ч. 2. Вентиляция / Под ред. В.Н. Богословского. — М., 1976.* 2. *Внутренние санитарно-технические устройства. Изд. 3-е. Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха: Справочник проектировщика / Под ред. И.Г. Старовойтова. — М., 1978.* 3. Жуковский С.С., Щербатюк Б.И. Устройство для подачи приточного воздуха. АС № 1564478. Оубл. БИ 1990, № 18. 4. Щербатюк Б.И., Жуковский С.С., Мелик-Аракелян А.Т. Способ вентиляции производственного помещения. АС № 1566174. Оубл. БИ 1990, № 19. 5. Жуковский С.С., Щербатюк Б.И., Довбуш А.М. Устройство для подачи приточного воздуха. АС № 1753210. Оубл. БИ 1992, № 29. 6. Гусев А.А. и др. Изучение воздухообмена в помещениях методом радиоактивных индикаторов. "Водоснабжение и санитарная техника" № 6/1978. — С. 13—18. 7. Пистун Е.П., Теплюх З.Н., Жуковский С.С. Способ определения степени вентиляции салона транспортного средства. АС № 992246. Оубл. БИ 1983, № 4. 8. Skaret E.: Heizung und Luftung (HLH) nr 1/86. — S. 11—13. 9. Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC): Technical Note AIVC 21(7.87). 10. Raatschen W. Klima — Kälte — Heizung nr 5/88, s.269-270. 11. Presser K. H.: HLH nr 1/88. — S. 7—14. 12. Торговников Б.М., Табачник В.Е., Ефанов Е.М. Проектирование промышленной вентиляции / Справочник. — К., 1983. — 256. — с. 13. Рекомендации по выбору и расчету систем воздухораспределения. Серия АЗ-669. — М., 1979. 14. Молчанов Б.С. Проектирование промышленной вентиляции. (Пособие проектировщиков). Изд.2-е. — Л., 1970.. 15. Волков О.Д. Проектирование вентиляции промышленного здания. — Харків, 1989.

УДК 631.22 : 697.92

В. Лабай, В. Ярослав

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

МЕТОДИКА ІНЖЕНЕРНОГО РОЗРАХУНКУ ПОДВІЙНОГО ВЕНТИЛЬОВАНОГО ПОВІТРЯНОГО ПРОШАРКУ В ПОКРИТТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО БУДИНКУ

© Лабай В., Ярослав В., 2004

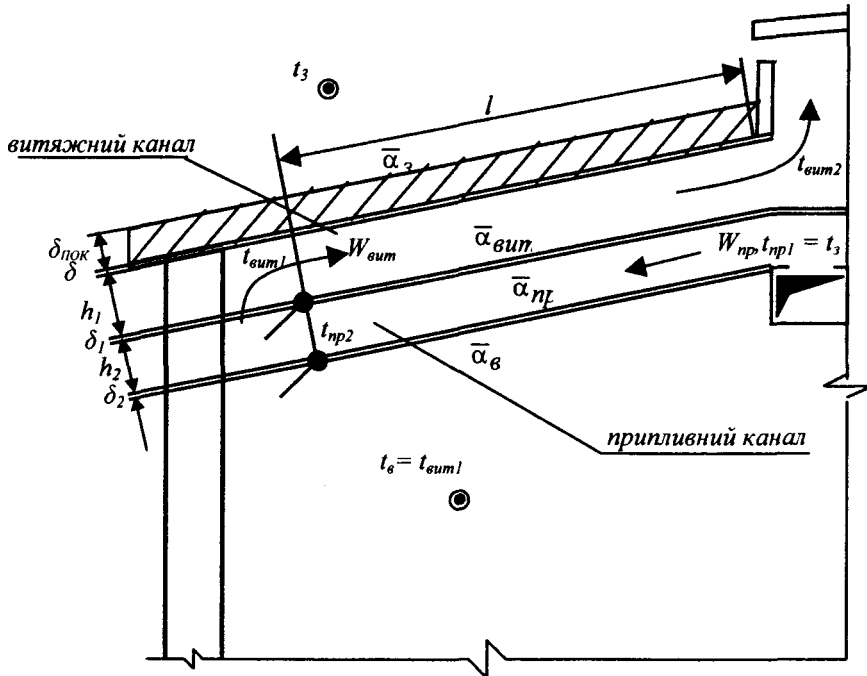
The simple method of engineering calculation of the double ventilated air space in the house roof of a poultry house for the cold season is presented in this article.

Постановка проблеми. Відомі системи опалення і вентиляції сільськогосподарських будинків, зокрема птахівничих, за промисловою технологією утримання птиці в клітках характеризуються значним споживанням теплової та електричної енергії. На забезпечення потрібних параметрів мікроклімату за промислового виробництва яєць в умовах кліматичної зони Західної України витрачається близько 50...81 МДж теплової та 1,5...2,2 кВт · год електричної енергії на одну птицю на рік [1, 2]. Отже, проблема скорочення енергоспоживання систем забезпечення мікроклімату птахівничих приміщень є актуальною.

Можливим заходом з вирішення цієї проблеми є застосування для нового будівництва та реконструкції будинків сільськогосподарського призначення покриття з розташованим під ним подвійним щільним вентиляваним повітряним прошарком [3]. Застосування вентиляваного прошарку під покриттям сприяє видаленню вологи, зменшенню перегрівання конструкції покриття в теплий період року, і, відповідно, покращанню мікроклімату в приміщеннях будинку, підвищенню терміну служби конструкції. За розташування паралельно в подвійному вентиляваному повітряному прошарку каналів припливного та витяжного повітря в холодний період року через загальну теплообмінну стінку утилізується значна частина теплоти витяжного повітря і відбувається підігрів-

вання припливного повітря перед роздаванням його в приміщення будинку. Окрім економії теплової енергії, збільшується також період експлуатації будинків в холодний період року без внесення технічної теплоти від зовнішніх джерел (котельні).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методика розрахунку одинарних щільних вентилятованих повітряних прошарків розглядалася в багатьох роботах [4, 5, 6]. Алгоритм розрахунку подвійного вентилязованого повітряного прошарку в покритті в холодний період року в умовах стаціонарної теплопередачі наведено в [7]. Але слід зауважити, що використання громіздких залежностей, наведених в [7], значно ускладнює розрахунок.



Переріз конструкції покриття з подвійним вентилятованим повітряним прошарком

Метою цієї роботи є розроблення методики інженерного розрахунку подвійного щільного вентилязованого повітряного прошарку в покритті сільськогосподарського будинку в холодний період року з урахуванням теплофізичних властивостей конструкції та швидкості руху повітря в каналах прошарку.

Методика розрахунку вентилязованого прошарку. Переріз конструкції покриття з розташованим під ним, в міжбалковому просторі, подвійним щільним вентилятованим повітряним прошарком, наведений на рисунку. У канал припливного повітря відцентровим вентилятором подається зовнішнє повітря, а через викидний канал видаляється назовні витяжне повітря з приміщення будинку.

Розглянемо стаціонарну теплопередачу для конструкції подвійного вентилязованого повітряного прошарку в покритті, через який безперервно продувається витяжне повітря у верхньому каналі та припливне повітря у нижньому каналі. Рівняння теплових балансів на одиницю площі покриття можна записати у вигляді:

— у каналі витяжного повітря

$$\bar{q} = \frac{h_1}{l} \cdot w_{vum} \cdot \rho_{нов}^{sum} \cdot c_{нов}^{sum} \cdot (t_{vum1} - t_{vum2}) - k_{нок} (\bar{t}_{vum} - t_3); \quad (1)$$

— у каналі припливного повітря

$$\bar{q} = \frac{h_2}{l} \cdot w_{np} \cdot \rho_{нов}^{np} \cdot c_{нов}^{np} \cdot (t_{np2} - t_{np1}) - k_2 (t_6 - \bar{t}_{np}); \quad (2)$$

$$\bar{q} = k_1 (\bar{t}_{vum} - \bar{t}_{np}), \quad (3)$$

де \bar{q} — питомий тепловий потік між каналами витяжного та припливного повітря, Вт/м²; h_1 — висота витяжного каналу, м; h_2 — висота припливного каналу, м; l — довжина подвійного вентилязованого повітряного прошарку в напрямку руху повітря, м; $w_{вум}, w_{np}$ — швидкості руху повітря в каналах, м/с; $\rho_{нов}^{вум}, \rho_{нов}^{np}$ — густина повітря, відповідно, в каналах витяжного та припливного повітря, кг/м³; $c_{нов}^{вум}, c_{нов}^{np}$ — теплоємність повітря, відповідно, в каналах витяжного та припливного повітря, кДж/(кг · К); $t_{вум1}, t_{вум2}$ — температури витяжного повітря на початку та в кінці каналу, °С; $t_в$ — розрахункова температура внутрішнього повітря в приміщенні будинку, °С; $\bar{t}_{вум}$ — середня температура витяжного повітря в каналі, °С, якщо $t_{вум1} = t_в$, тоді $\bar{t}_{вум} = t_в - 0,5\Delta t_{вум}$, $\Delta t_{вум} = t_{вум1} - t_{вум2}$, °С; t_{np1}, t_{np2} — температури припливного повітря на початку та в кінці каналу, °С; $t_з$ — розрахункова температура зовнішнього повітря, °С; \bar{t}_{np} — середня температура припливного повітря в каналі, °С, якщо $t_{np1} = t_з$, тоді $\bar{t}_{np} = t_з + 0,5\Delta t_{np}$, $\Delta t_{np} = t_{np2} - t_{np1}$, °С; $k_{нок}, k_1, k_2$ — коефіцієнти теплопередачі, відповідно, верхньої частини покриття, перегородки між каналами витяжного та припливного повітря, перегородки між каналом припливного повітря та приміщенням будинку, Вт/(м² · К), які визначаються за формулами:

$$k_{нок} = \frac{1}{\frac{1}{\bar{\alpha}_{вум}} + \frac{\delta_{нок}}{\lambda_{нок}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\bar{\alpha}_з}}; \quad (4)$$

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\bar{\alpha}_{вум}} + \frac{\delta_1}{\lambda} + \frac{1}{\bar{\alpha}_{np}}}; \quad (5)$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\bar{\alpha}_в} + \frac{\delta_2}{\lambda} + \frac{1}{\bar{\alpha}_{np}}}, \quad (6)$$

де $\bar{\alpha}_{вум}, \bar{\alpha}_{np}$ — середні коефіцієнти тепловіддачі, відповідно, у витяжному та припливному каналах повітряного прошарку, Вт/(м² · К); $\bar{\alpha}_з, \bar{\alpha}_в$ — середні коефіцієнти тепловіддачі, відповідно, на зовнішній та внутрішній поверхнях конструкції покриття, $\bar{\alpha}_з = 23$ Вт/(м² · К); $\bar{\alpha}_в = 8,7$ Вт/(м² · К) [6]; $\delta_{нок}, \delta, \delta_1, \delta_2$ — товщини конструктивних шарів в покритті та подвійному вентилязованому повітряному прошарку, м; $\lambda_{нок}, \lambda$ — коефіцієнти теплопровідності конструктивних шарів Вт/(м · К) [8].

Для визначення величин $\bar{\alpha}_{вум}, \bar{\alpha}_{np}$ за перехідного режиму течії повітря в каналах вентилязованого прошарку ($2300 < Re < 10000$) скористаємося залежністю [9]:

$$\bar{Nu} = 0,008 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43}, \quad (7)$$

де Re — число Рейнольдса, $Re = \frac{w \cdot d_e}{\nu}$; w — швидкість повітря в каналах вентилязованого прошарку;

d_e — еквівалентний діаметр поперечного перерізу каналу, м; $d_e = \frac{2hb}{h+b}$, де h, b — розміри поперечного перерізу каналу, м; ν — коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с, за емпіричною формулою $\nu_{нов} = (13,59 + 0,088 \cdot t_{нов}) \cdot 10^{-6}$; Pr — число Прандтля, для повітря $Pr = 0,72$.

Значення $\bar{\alpha}_{вум}$, $\bar{\alpha}_{нр}$ можна знайти з формули:

$$\overline{Nu} = \frac{\bar{\alpha} \cdot d_e}{\lambda_{нов}}, \quad (8)$$

де $\lambda_{нов}$ — коефіцієнт теплопровідності повітря, за емпіричною формулою $\lambda_{нов} = (2,43 + 0,0078 \cdot t_{нов}) \cdot 10^{-2}$, Вт/(м · К). Відповідно,

$$\bar{\alpha} = \frac{\overline{Nu} \cdot \lambda_{нов}}{d_e}. \quad (9)$$

Розрахункові перепади температур у (1—3) можна подати як

$$\bar{t}_{вум} - t_3 = t_8 - t_3 - 0,5\Delta t_{вум}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (10)$$

$$\bar{t}_{вум} - \bar{t}_{нр} = t_8 - t_3 - 0,5\Delta t_{вум} - 0,5\Delta t_{нр}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (11)$$

$$t_8 - \bar{t}_{нр} = t_8 - t_3 - 0,5\Delta t_{нр}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (12)$$

Позначимо у (1, 2) через A та B комплекси:

$$A = \frac{h_1}{l} \cdot w_{вум} \cdot \rho_{нов}^{вум} \cdot c_{нов}^{вум}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad (13)$$

$$B = \frac{h_2}{l} \cdot w_{нр} \cdot \rho_{нов}^{нр} \cdot c_{нов}^{нр}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (14)$$

Тепер формули (1—3) можна подати у вигляді:

$$A \cdot \Delta t_{вум} - k_{нок} \cdot (t_8 - t_3 - 0,5\Delta t_{вум}) = k_1 (t_8 - t_3 - 0,5\Delta t_{вум} - 0,5\Delta t_{нр}); \quad (15)$$

$$B \cdot \Delta t_{нр} - k_2 \cdot (t_8 - t_3 - 0,5\Delta t_{нр}) = k_1 (t_8 - t_3 - 0,5\Delta t_{вум} - 0,5\Delta t_{нр}). \quad (16)$$

Сумісне розв'язування рівнянь (15, 16) відносно $\Delta t_{вум}$ та $\Delta t_{нр}$ дає такі вирази:

$$\Delta t_{вум} = \frac{(t_8 - t_3) \cdot \left[k_1 + k_{нок} + \frac{0,5k_1 \cdot (k_{нок} - k_2)}{B + 0,5k_2} \right]}{A + 0,5 \left[k_{нок} + k_1 + \frac{k_1 \cdot (A + 0,5k_{нок})}{B + 0,5k_2} \right]}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (17)$$

$$\Delta t_{нр} = \frac{(A + 0,5k_{нок}) \cdot \Delta t_{вум} - (t_8 - t_3) \cdot (k_{нок} - k_2)}{B + 0,5k_2}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (18)$$

Виконаємо тепловий розрахунок подвійного вентилязованого повітряного прошарку в покритті за таких вихідних даних: $t_8 = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$; $t_3 = -19 \text{ } ^\circ\text{C}$; $l = 9 \text{ м}$; $h_1 = h_2 = 0,1 \text{ м}$; $\delta = \delta_1 = \delta_2 = 0,001 \text{ м}$; ширина прошарку $b = 2,8 \text{ м}$; $\lambda = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ (для поліетиленової плівки);

$w_{вум} = w_{нр} = 0,5 \text{ м}/\text{с}$; $\frac{\delta_{нок}}{\lambda_{нок}} = 0,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$. Значення швидкості повітря в каналах подвійного

вентилязованого повітряного прошарку залежить від повітрообміну в будинку. З попередніх обчислень $\bar{\alpha}_{вум} = 2,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\bar{\alpha}_{нр} = 2,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $k_{нок} = 1,06 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $k_1 = 1,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $k_2 = 2,05 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Після підставлення отримали $\Delta t_{вум} = 9,22 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\Delta t_{нр} = 11,87 \text{ } ^\circ\text{C}$. Перевірка дає такі значення:

$\bar{q} = 7,45 \cdot \Delta t_{вум} = 37,1 = 31,55 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $\bar{q} = 8,71 \cdot \Delta t_{нр} = 71,8 = 31,55 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $\bar{q} = 45,15 - 0,645 \cdot (\Delta t_{вум} + \Delta t_{нр}) = 31,55 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Результати такого інженерного розрахунку добре збігаються з

розрахунковими даними за методикою, наведеною в статті [7]. Відносна нев'язка результатів розрахунків за цими методиками не перевищує 10 %.

Висновки. В роботі наведено методику простого інженерного розрахунку подвійного щільного вентилязованого повітряного прошарку в покритті сільськогосподарського будинку в холодний період року. За цією методикою з достатньою точністю визначаються перепади температур в каналах подвійного вентилязованого повітряного прошарку та теплові потоки в конструкції.

1. Прыгунов Ю.М., Новак В.А., Серый Г.П. *Микроклимат животноводческих и птицеводческих зданий*. — К., 1986. 2. Ярослав В.Ю., Макаревич Т.Т., Лабай В.Й. *Доцільність застосування теплоутилізаторів витяжного повітря у птахівничих будинках* // *Вісн. Львівського політехн. інституту*. — 1991. — № 256. — С. 71—73. 3. А.с. СССР № 1576798. *Система вентиляции одноэтажной постройки* / Ю.Я. Кувшинов, В.Ю. Ярослав // *Открытия. Изобрет.* — 1990. — № 25. 4. Богословский В.Н. *Строительная теплофизика*. — М.: 1982. 5. Табуничиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. *Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений*. — М.: 1986. 6. Могилат А.Н., Кривобок Э.Н. *Проектирование теплозащиты покрытий гражданских зданий*. — К., 1982. 7. Ярослав В.Ю. *Про розрахунок повітряних прошарків у покритті* // *Вісн. Держ. ун-ту "Львівська політехніка"*. — 1997. — № 318. — С. 88—90. 8. СНиП II-3-79** *Строительная теплотехника* / *Госстрой СССР*. — М., 1986. 9. Лабай В.Й. *Тепломасообмін*. — Львів, 1998.

УДК 621.316.327.53

В. Липовецький
Тернопільський державний технічний
університет імені Івана Пулюя

НОРМАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЖИВЛЕННЯ — ОДИН ІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

© Липовецький В., 2004

The problem of the influence of feeding network and lighting sources consumers on their parameters and characteristics was under consideration. Multifunctional inductive-capacity devices of feeding parameters normalization reactivity of its elements for increasing of the existing lighting networks energy effectiveness are suggested. The example of the creating of energy-saving controlled lighting is given and methodical approaches for calculating of its economic effectiveness are suggested.

Вступ. Шоста частина електроенергії, що споживається в Україні, витрачається на потреби освітлення. Приблизно таке саме співвідношення спостерігається і у світі, але питома вага витрат електроенергії на створення штучного освітлення у нас щонайменше у 1,5 раза більша, ніж у розвинутих країнах [1]. Тому актуальною є проблема розробки і використання енергоощадних технологій для освітлювальних мереж, застосовуючи які, можна заощадити до 50—60 % витрат та зменшити частку штучного освітлення у виникненні парникового ефекту [2].

Існує декілька способів підвищення енергоефективності освітлювальних мереж, а саме — заміна застарілих ламп джерелами нового покоління, використання сучасних пуско-регулювальних апаратів, використання освітлювальної арматури, виготовленої за новими технологіями, інтегроване використання природного і штучного світла, керування рівнем світлового потоку, нормалізація параметрів мережі живлення [1, 2]. Їх можна об'єднати у два напрямки: 1) підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) освітлювальних приладів (ОП); 2) підвищення електромагнітної сумісності ОП з