

РОЗРАХУНОК ПОВІТРООБМІНУ ДЛЯ БОРОТЬБИ З CO₂ У ВИПАДКУ ПЕРІОДИЧНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ УТРИМАННЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

Розглянуто питання аналітичного розв'язання задачі з визначення зміни середньої по об'єму приміщення концентрації CO₂ за певний проміжок часу при наперед заданій інтенсивності повітрообміну у випадку періодичного провітрювання приміщення для утримання великої рогатої худоби.

Ключові слова: періодична вентиляція, корівник, концентрація CO₂, повітрообмін.

Вступ. Сільське господарство – одна з основних галузей української економіки та економіки ЄС, яка показує значний динамічний розвиток в останні роки. Невід'ємною складовою даної галузі є тваринницькі комплекси, зокрема комплекси по зрощуванню великої рогатої худоби. Конкурентоспроможність продукції даних комплексів на внутрішньому і зовнішньому ринках залежить насамперед від її якості. Останнє разом з обсягами виробництва на 20% залежить від параметрів мікроклімату всередині приміщення [1; 2]. Відомо, що параметри повітря в робочій зоні де утримується великої рогатої худоби забезпечуються системою опалення і вентиляції. При цьому задача системи загальнообмінної вентиляції – боротьба з шкідливостями, що надходять до внутрішнього об'єму приміщення, а саме надлишковим теплом, вологою, шкідливими газами (головним чином CO₂) та ін.

Спосіб утримання тварин, зовнішні кліматичні умови, об'ємно-планувальне рішення приміщення для утримання худоби суттєво впливають на параметри мікроклімату, тепловий та повітряний режим в робочій зоні [1, 3, 4] і визначають можливість застосування того чи іншого типу загальнообмінної вентиляції [5]. У той же час інвестування впровадження сучасних енергозберігаючих систем опалення і вентиляції в приміщеннях для утримання великої рогатої худоби потребує складання відповідного техніко-економічного обґрунтування. Виходячи із цього, на передпроектній та проектній стадіях важливою є можливість аналізу впливу тих чи інших інженерних заходів на зміну повітряного та теплового режиму приміщення та експлуатаційні характеристики відповідного інженерного обладнання, що визначають рівень його енергоспоживання.

Основний матеріал і результати. Вигульний спосіб утримання тварин дозволяє застосовувати періодичну вентиляцію зі змінною інтенсивністю повітрообміну в період вигулу тварин та їх перебування в стійловій зоні. Для складання аналітичної моделі повітряного режиму приміщення для утримання великої рогатої худоби при періодичній вентиляції введемо спрощуючі передумови, відповідно до яких: концентрація CO₂ є незмінною і усередненою за об'ємом приміщення V ; вентиляція в приміщенні корівника збалансована, тобто кількість припливного повітря L_{np} дорівнює кількості повітря, що видаляється – $L_{вид}$. Відповідно до складеної розрахункової схеми до внутрішнього об'єму корівника за проміжок час $d\tau$ з зовнішнім припливним повітрям надходить CO₂ в кількості $A_{зов} = L_{np} \cdot k_{зов} \cdot d\tau$, від тварини надходить CO₂ в кількості $A_{твар} = a_{CO_2} \cdot n \cdot d\tau$. Разом з тим за нескінченно малий проміжок часу $d\tau$ частина CO₂ видаляється з корівника разом з витяжним повітрям в кількості $A_{ви} = L_{вид} \cdot k_{ви} \cdot d\tau$. Різниця між кількістю шкідливостей, що надходять та видаляються з приміщення за час

$d\tau$ віднесена до внутрішнього об'єму приміщення визначатиме зміну в часі концентрації CO_2 у внутрішньому повітрі корівника – $dk_{\text{вн}}$.

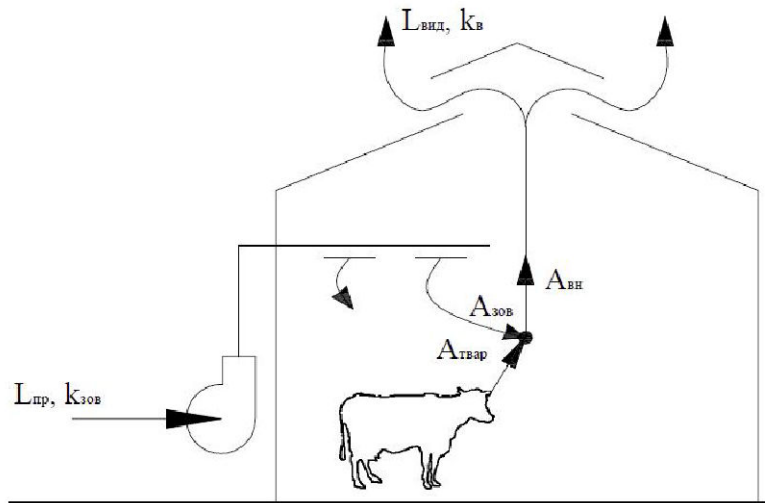


Рис. 1. Розрахункова схема повітрообміну в приміщенні для утримання ВРХ при періодичному провітрюванні

Рівняння, яке характеризує середню по об'єму приміщення концентрацію CO_2 через проміжок часу τ , г/м^3 ,

$$k_{\text{кін}} = \frac{a_{\text{CO}_2} \cdot n \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{V}(\tau_{\text{кін}} - \tau_{\text{поч}})}\right) + k_{\text{зов}} \cdot L \cdot \left(1 - e^{-\frac{L}{V}(\tau_{\text{кін}} - \tau_{\text{поч}})}\right) + k_{\text{поч}} \cdot L \cdot e^{-\frac{L}{V}(\tau_{\text{кін}} - \tau_{\text{поч}})}}{L}, \quad (1)$$

де $\tau_{\text{кін}}$, $\tau_{\text{поч}}$ – відповідно кінцевий та початковий момент часу, год;
 $k_{\text{кін}}$, $k_{\text{поч}}$ – відповідно усереднена по об'єму концентрація CO_2 на момент часу $\tau_{\text{кін}}$ та $\tau_{\text{поч}}$, г/м^3 .

Рівняння (1) при заданих граничних умовах по часу τ та концентрації CO_2 також дає можливість графоаналітичним способом визначити інтенсивність повітрообміну, яка забезпечить потрібне зниження концентрації вуглекислого газу у внутрішньому повітрі корівника протягом потрібного проміжку часу.

Окремим випадком рівняння є випадок відсутності повітрообміну тобто, коли $L=0$. У такому випадку кінцева концентрація CO_2 в межах проміжку часу від $\tau_{\text{кін}}$ до $\tau_{\text{поч}}$ визначатиметься за формулою, г/м^3 ,

$$k_{\text{кін}} = \frac{a_{\text{CO}_2} \cdot n \cdot (\tau_{\text{кін}} - \tau_{\text{поч}})}{V} + k_{\text{поч}}. \quad (2)$$

Окремим варіантом рівняння (1) є випадок відсутності надходження CO_2 до внутрішнього об'єму приміщення. Така ситуація можлива в випадку вентиляції приміщення в період вигулу, тобто відсутності великої рогатої худоби. Тоді рівняння (1) набуде вигляду:

$$k_{\text{кін}} = \frac{k_{\text{зов}} \cdot L \cdot \left(1 - e^{-N \cdot (\tau_{\text{кін}} - \tau_{\text{поч}})}\right) + k_{\text{поч}} \cdot L \cdot e^{-N \cdot (\tau_{\text{кін}} - \tau_{\text{поч}})}}{L}. \quad (3)$$

За допомогою розроблених рівнянь (1) – (3) виконано аналіз повітряного режиму корівника на 50 голів. Система вентиляції корівника – механізована. Інтенсивність надходження CO_2 від худоби до внутрішнього об'єму приміщення – 110 л/год. Вигул

тварин здійснюється протягом 2 годин з 9 до 11 години ранку. Гранично допустима концентрація CO_2 у внутрішньому об'ємі приміщення корівника $2,5 \text{ л/м}^3$. Концентрація CO_2 у зовнішньому припливному повітрі $0,4 \text{ л/м}^3$. Об'єм приміщення корівника 10000 м^3 . На рис. 1, 2 приведені результати розрахунків при різній інтенсивності повітрообміну.

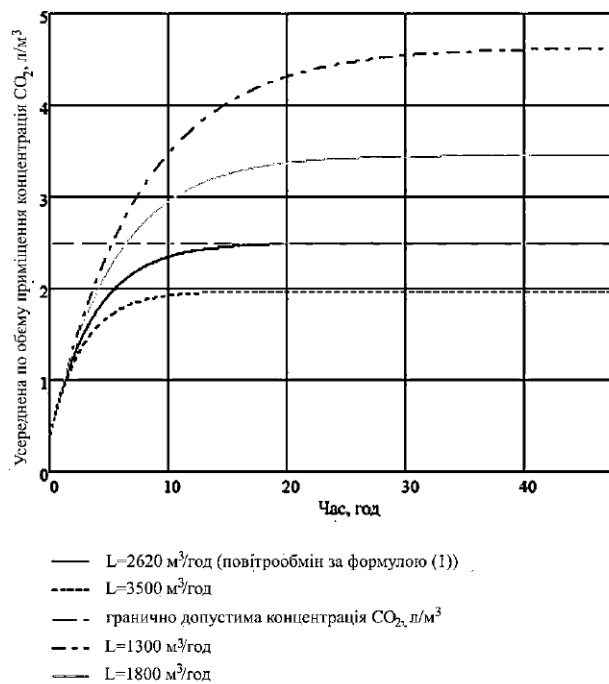


Рис. 2. Зміна в часі усередненої по об'єму приміщення концентрації CO_2 при різній інтенсивності повітрообміну в системі постійно діючої загальнообмінної вентиляції

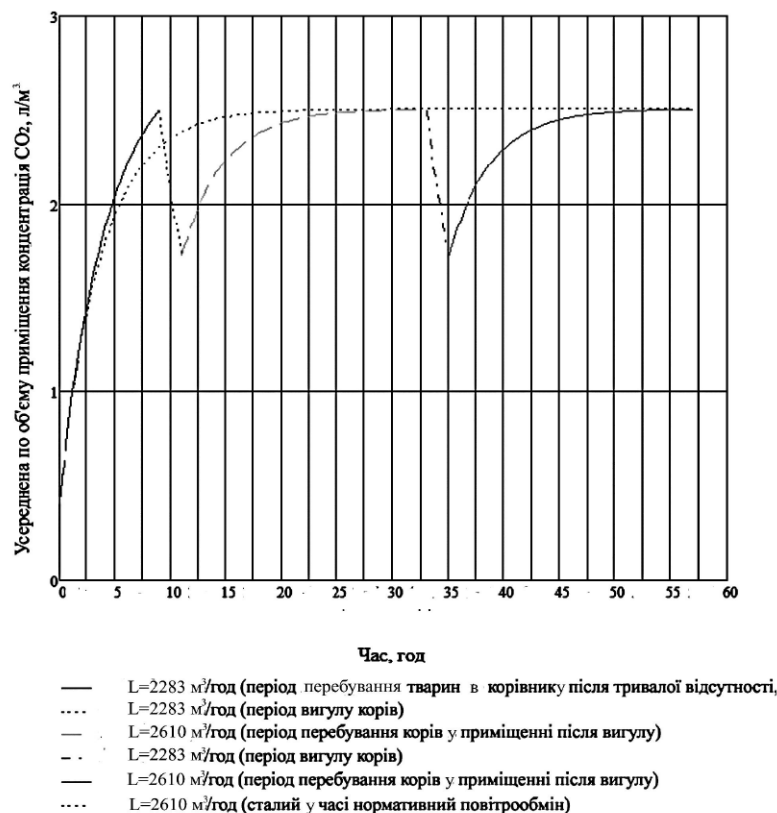


Рис. 3. Зміна в часі усередненої по об'єму концентрації CO_2 при періодичній та постійно діючій загальнообмінній вентиляції

Висновки. Як бачимо з результатів розрахунку, наведеного на рис. 2 – 3, запропонована математична модель повітрообміну в приміщенні для утримання великої рогатої худоби дає можливість на стадії проектування систем загально обмінної вентиляції:

- аналізувати зміну в часі усередненої по об'єму приміщення концентрації CO₂ при різних кратності повітрообміну в приміщенні;
- визначати інтенсивність повітрообміну по боротьбі з CO₂, виходячи з досягнення потрібної концентрації CO₂ за визначений проміжок часу;
- аналізувати енергетичну ефективність організації в приміщеннях для утримання великої рогатої худоби періодичної вентиляції для боротьби з CO₂ зі змінною в часі інтенсивністю повітрообміну порівняно з постійно діючою системою вентиляції.

Література

1. Строй А.Ф. Теплоснабжение и вентиляция сельскохозяйственных зданий и сооружений / А.Ф. Строй. – Киев: Вища школа, 1983. – 216 с.
2. Armstrong D.V. Heat stress interaction with shade and cooling// *J. Dairy Sci.* – 1994. – № 77. – P. 2044 – 2050.
3. The heat stress for workers employed in a dairy farm/ Marucci A., Monarca D., Cecchini M., Colantoni A., Giacinto D.S., Cappuccini A.// *J. Agricultural Engineering.* – 2013. – № XLIV. – P. 170 – 174.
4. Sharp G.M. Ventilation of cattle and sheep buildings. Technical Note/ G.M. Sharp. – Edinburgh: SAC, 2008. – 4 p.
5. Robertson J. Better Cattle Housing Design/ J. Robertson, M. Vickers. – Warwickshire: AHDB, 2013. – 32 p.
6. Егизаров А.Г. Отопление и вентиляция зданий и сооружений сельскохозяйственных комплексов / А.Г. Егизаров. – М.: Стройиздат, 1981. – 239 с.