

5. *Callaghan E.J., Murphy P. M.* A study of factors affecting the efficiency of milking operations // Teagasc, Dairy Production Research Centre Ireland 2009 P. 1–8.
6. *O'Callaghan E.J.* Effect of the design of a milking unit on vacuum variations during simulated milking / Irish Journal of Agricultural and food research. – 2004. – №43. – P. 237–245.
7. *Dirk Homberg.* Neun aktuelle Melkzeuge im Vergleich / «Top agrar». – 2012. – №10. – P. 32–37.
8. *Dr. Dirk Hömberg.* Aggressive Melkzeuge ramponieren die Zitzen / «Top agrar». – 2009 – №1. – P. 40–43.
9. *Проспекти фірми Westfalia.* – Б.м. 2010. – 10 с.
10. *Ulrich S., Rose S.* Quarter individual milking with multilactor in milking parlours. / Landtechnik. – 2009. – № 2. – P. 106–108.
11. *Ачкевич В.І.* Дослідження двокамерного колектора доїльного апарата / *Ачкевич В.І., Ткач В.В., Фененко А.І.* // Матеріали II-ї Науково-технічної конференції «Технічний процес у тваринництві та кормо виробництві». – Глеваха, 2013. – С. 5–7.

Определено влияние режимов транспортировки молоковоздушной смеси на качество молока в молочном шланге доильного аппарата с верхним молокопроводом.

Режимы транспортировки, молоковоздушная смесь, молочный шланг, доильный аппарат, верхний молокопровод.

The influence of modes of transportation milk air mixture on quality of milk in milk pipe milking machine with overhead milk line.

Modes of transportation, milk air mixture, milk hose, milking apparatus, overhead milk line.

УДК 631.22.019

МЕТОДИКА ІНЖЕНЕРНОГО РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

***В.М. Яропуд, магістр
Вінницький національний аграрний університет
Е.Б. Алієв, кандидат технічних наук
Інститут олійних культур НААН***

На основі отриманих теоретичних та експериментальних залежностей розроблено методику інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень. Використання розробленого теплоутилізатора для свинарника-відгодівельника на 100 голів дозволяє зменшення витрат

© В.М. Яропуд, Е.Б. Алієв, 2015

електроенергії при порівнянні з базовим засобом – тепловентилятором АОВ-ЭВО 0,9 М1 (10 кВт).

Теплоутилізатор, методика, мікроклімат, тваринницькі приміщення, температура, теплопередача.

Постановка проблеми. На сьогодні існує величезна кількість конструкцій кожухотрубних теплоутилізаторів і відповідні дослідження їх конструктивно-технологічних параметрів [1, 2, 3]. Однак в цих роботах мало приділено уваги методики інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень.

Аналіз останніх досліджень. В результаті наших теоретичних і експериментальних досліджень [6] розроблено математичну модель процесу теплопередачі у трьохтрубному концентричному теплоутилізаторі (рис. 1) із врахуванням явища конденсації в ньому, яка дозволяє визначати розподіл температур повітряних потоків за його довжиною і його теплову потужність.

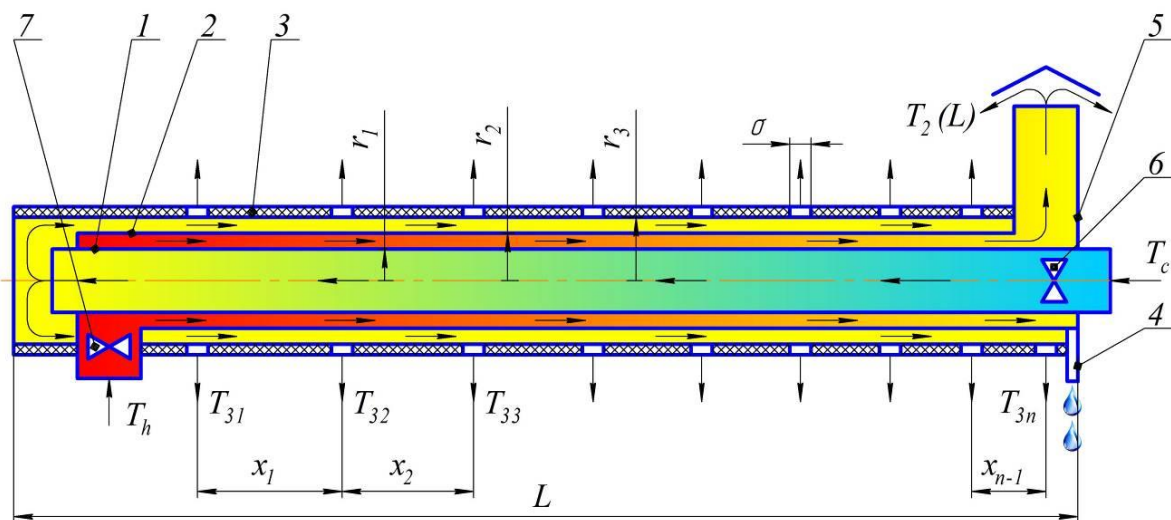


Рис. 1. Технологічна схема трьохтрубного теплоутилізатора з основними параметрами: 1, 2, 3 – труби; 4 – трубка для відводу конденсату; 5 – викидна шахта; 6 – припливний вентилятор; 7 – викидний вентилятор.

До технологічної схеми трьохтрубного теплоутилізатора [7] із протипотоком входять труби 1, 2 і 3, що встановлені коаксіально, трубка для відводу конденсату 4, яка проходить крізь трубу 3 і розташовується в нижній частині труби 2, викидну шахту 5, що проходить крізь трубу 3, припливний 6 та викидний 7 вентилятори (рисунок 1). Теплоутилізатор здійснює технологічний процес наступним чином. Припливне (холодне) повітря вентилятором 6 подається по внутрішній трубі 1. Вентилятором 7 викидне (тепле) повітря із приміщення нагнітається в простір між трубами 1 і 2, що має кільцевий

поперечний перетин. Потоки рухаються в протилежному напрямі: викидне повітря виходить в зовнішнє середовище з викидної шахти 5, а припливне повітря розвертається і продовжує рух в зворотному напрямку в просторі між трубами 2 і 3, що також має кільцевий поперечний перетин. Таким чином відбувається процес теплообміну між припливним і викидним повітрям через стінки труб 1 і 2, завдяки чому припливне повітря підігрівається на певну величину. При охолодженні викидного повітря на зовнішній поверхні труби 1 і внутрішній поверхні труби 2 утворюється конденсат для відводу якого служить трубка 4.

Мета досліджень. Розробити методику інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень.

Результати дослідження. Методика інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень побудована на вимогах до мікроклімату і розроблених математичних моделей. Першим етапом є розрахунок повітрообміну тваринницького приміщення, який проводиться по вологості з перевіркою на вуглекислий газ. За розрахунковий приймається найбільший повітрообмін, за яким проектується систему вентиляції. В умовах сухого клімату обсяг вентиляції можна визначати за кількістю вуглекислого газу, що виділяється тваринами. Часовий обсяг вентиляції це об'єм повітря, який необхідно видалити з приміщення за годину, щоб процентний вміст вуглекислого газу не перевищував допустимої межі (0,25%).

Часовий обсяг вентиляції з накопичення вуглекислого газу ведуть за формулою:

$$O_{CO_2} = \frac{E}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}, \quad (1)$$

де: O_{CO_2} – часовий обсяг вентиляції, $m^3/год.$; E – кількість вуглекислого газу, що виділяється усіма тваринами за годину, $л/год.$ [6]; ε_1 – допустима кількість вуглекислого газу в $1 m^3$ повітря приміщення, $л/м^3$; ε_2 – кількість вуглекислого газу в $1 m^3$ атмосферного повітря, $л/м^3$.

Обсяг вентиляції, що розрахований за змістом вуглекислого газу, в більшості випадків виявляється недостатнім для видалення з приміщення водяної пари. Тому розрахунки вентиляції в умовах підвищеної вологості зовнішнього повітря доцільніше вести по вологості повітря. Годинний обсяг вентиляції по вологості повітря визначають за формулою:

$$O_w = \frac{\Xi}{\omega_1 - \omega_2} \quad (3)$$

де: O_w – кількість повітря, яке необхідно видалити з приміщення за годину, щоб підтримати в ньому відносну вологість в межах норми (70–85 %), $m^3/год.$ [7]; Ξ – кількість водяної пари, яке виділяють тва-

рини з урахуванням вологості, що випаровується з поверхні підлоги, годівниць, поїлок, стін та інших огорож за годину, г/год.; ω_1 – абсолютна вологість повітря в приміщенні, при якій відносна вологість залишається в межах нормативу, г/м³; ω_2 – середня абсолютна вологість зовнішнього повітря, яке поступає в приміщення в перехідний період (листопад і березень) в даній кліматичній зоні), г/м³.

Для подальшого розрахунку береться найбільший часовий обсяг вентиляції: (1)(1) чи (2).

Другим етапом є дослідження плану тваринницького приміщення, встановлення його геометричних розмірів. Згідно яких визначаються можливі місця розташування теплоутилізаторів та їх довжини L:

$$L = 14,776 \cdot \frac{O}{3600} + 3,7335. \quad (3)$$

При цьому об'ємні витрати повітря дорівнюють $V = \frac{O}{3600}$. Якщо довжина теплоутилізатора перевищує довжину приміщення то спочатку визначаються об'ємні витрати повітря V:

$$V = \frac{L - 3,7335}{14,776}. \quad (4)$$

А потім обраховується кількість теплоутилізаторів n виходячи з умови:

$$[n] = \frac{O}{3600V}, \quad (5)$$

де: [...] – оператор цілого числа.

Третім етапом є визначення радіусів трубопроводів теплоутилізатора r_1, r_2, r_3 :

$$r_3 = 0,3619 \cdot V + 0,1523, \quad (6)$$

$$r_2 = 0,686 \cdot r_3, \quad (7)$$

$$r_1 = 0,343 \cdot r_3. \quad (8)$$

Четвертим етапом є розрахунок згідно розробленої математичної моделі значення температури повітря $T_3(0)$ на виході з теплоутилізатора і його корисної теплової потужності ΔN . Враховуючи теплову потужність, яка виділяється тваринами і отримане значення температури повітря $T_3(0)$ на виході з теплоутилізатора дає змогу встановити потужність калорифера, який буде встановлено для додаткового нагрівання температури в приміщенні.

П'ятим етапом є визначення геометрії розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора за допомогою розробленої математичної моделі. Розроблену методику інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для приміщень

застосуємо на свиновідгодівельній фермі, план цегляного свинарника-відгодівельника (на 100 голів) якої представлено на рисунку 2. Загальний розмір свинарника на 100 голів складає 17,3 м × 8,2 м (141,86 м²), у тому числі станкове приміщення – 109,44 м². Висота стелі – 3,5 м.

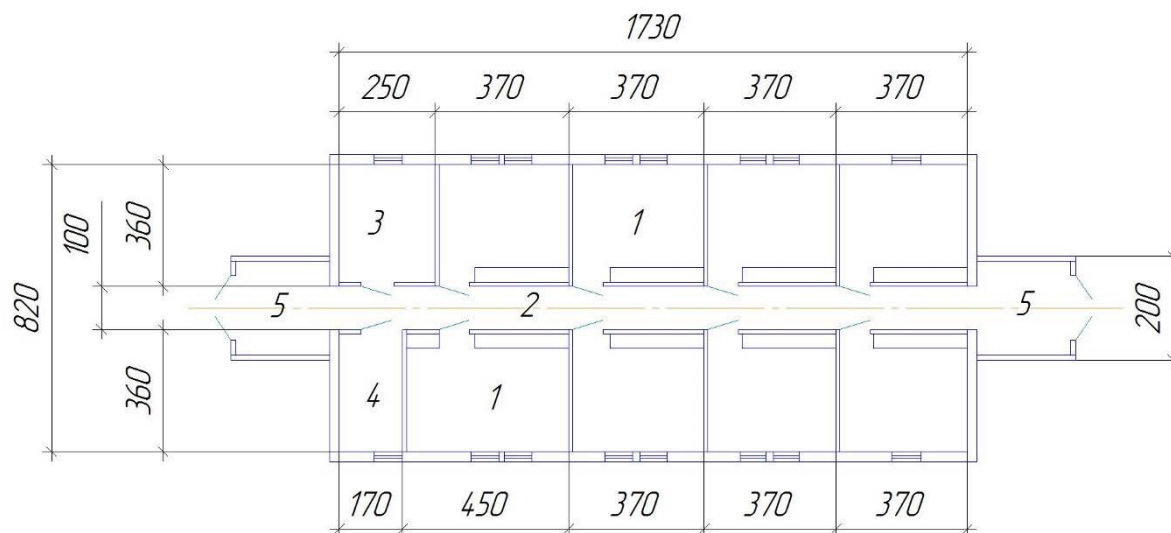


Рис. 2. План свинарника-відгодівельника на 100 голів свиновідгодівельній фермі: 1 – станкове приміщення; 2 – прохід; 3 – службове приміщення; 4 – приміщення для ваг та інвентарю; 5 – тамбур.

Згідно [7] кількість вуглекислого газу, що виділяється однією дорослою свинєю на відгодівлі складає 49,3 л/год., тоді для 100 голів це значення складає – 4930 л/год. Для свинарського приміщення допустима кількість вуглекислого газу в 1 м³ повітря приміщення становить 2,5 л/м³, а кількість вуглекислого газу в 1 м³ атмосферного повітря – 0,3 л/м³. Тоді за формулою (1) маємо часовий обсяг вентиляції з накопичення вуглекислого газу складає $O_{CO_2} = 2240 \text{ м}^3/\text{год.}$

Згідно [7] кількість водяної пари, яке виділяє одна доросла свиня на відгодівлі складає 156,0 г/год., тоді для 100 голів це значення складає – 15600 г/год. Абсолютна вологість повітря в приміщенні, при якій відносна вологість залишається в межах нормативу становить 10,15 г/м³, а середня абсолютна вологість зовнішнього повітря, яке поступає в приміщення в перехідний період – 2,99 г/м³ [7]. Тоді за формулою (2) маємо часовий обсяг вентиляції з накопичення вуглекислого газу складає $O_w = 2178 \text{ м}^3/\text{год.}$ Для подальшого розрахунку береться найбільший часовий обсяг вентиляції $O = 2240 \text{ м}^3/\text{год.}$

Згідно отриманої залежності (3) довжина теплоутилізатора складає $L = 12,9 \text{ м}$, що не перевищує довжину свинарника-відгодівельника. При цьому об'ємні витрати повітря дорівнюють $V = 0,622 \text{ м}^3/\text{с.}$

Підставляючи отримані дані в (6)-(8) отримуємо радіусів трубопроводів теплоутилізатора $r_1 = 0,213$ м, $r_2 = 0,259$ м, $r_3 = 0,377$ м.

Згідно розробленого алгоритму температури повітря $T_3(0)$ на виході з теплоутилізатора при температурі зовнішнього середовища 0°C складає $11,6^\circ\text{C}$, а його корисна теплова потужність $\Delta N = 8206$ Вт. Враховуючи теплову потужність, яка виділяється від однієї свині на відгодівлі 73 Вт [7], їх кількості отримуємо що в свинарнику від тварин виділяється 7300 Вт.

Використовуючи калькулятор «Теплотехнический калькулятор» [8], який оснований на [9, 10], розраховані тепловтрати через огорожувальні конструкції запропонованого свинарника-відгодівельника – 3426 Вт. Розрахуємо витрати потужності для підігріву повітря у свинарнику з 0°C до 18°C при визначених об'ємні витрат повітря. Згідно формули $d\dot{Q}_i(x) = \dot{m}_i C_p dT_i(x)$, витрати потужності складають 13515 Вт. З урахуванням тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі загальні витрати потужності складають 16941 Вт.

Так як сума теплової потужності, яка виділяється від всіх тварин і корисної теплової потужності теплоутилізатора менша за загальні витрати потужності, то для підтримання температури в свинарнику на рівні 18°C необхідно встановити додатковий обігрівач [11, 12] із корисною потужністю $16941 \text{ Вт} - 7300 \text{ Вт} - 8206 \text{ Вт} = 1435 \text{ Вт}$.

Для визначення геометрії розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора використовуємо розроблений алгоритм, згідно якого отримуємо: 16 отворів, які розташовані один від одного на відстанях $x_1 = 0,920$ м; $x_2 = 0,925$ м; $x_3 = 0,925$ м; $x_4 = 0,918$ м; $x_5 = 0,908$ м; $x_6 = 0,893$ м; $x_7 = 0,873$ м; $x_8 = 0,850$ м; $x_9 = 0,824$ м; $x_{10} = 0,796$ м; $x_{11} = 0,765$ м; $x_{12} = 0,732$ м; $x_{13} = 0,698$ м; $x_{14} = 0,662$ м; $x_{15} = 0,626$ м; $x_{16} = 0,589$ м.

Висновки

На основі отриманих теоретичних та експериментальних залежностей розроблено методику інженерного розрахунку параметрів теплоутилізатора для тваринницьких приміщень.

Використання розробленого теплоутилізатора для свинарника-відгодівельника на 100 голів дозволяє зменшення витрат електроенергії при порівнянні з базовим засобом – тепловентилятором АОВ-ЭВО 0,9 М1 (10 кВт).

Список літератури

1. *García-Valladares O.* Numerical simulation of triple concentric-tube heat exchangers / *O. García-Valladares* // International Journal of Thermal Sciences. – 2004. – № 43. – P. 979–991.
2. *Incropera F.P.* Fundamentals of Heat and Mass Transfer / *F.P. Incropera, D.P. DeWitt, T.L. Bergman, A.S. Lavine*. – 2007. – 1048 p.

3. *Addisu Teka*. Thermal design of heat exchanger for a swimming pool: Degree Thesis / *Addisu Teka* // Arcada: Department of Technology. – 2012. – 43 p.
4. *Пришляк В.М.* Обґрунтування геометричних параметрів розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилизатора / *В.М. Пришляк, В.М. Яропуд, О.С. Ковязін, Е.Б. Алієв* // Промислова гідравліка і пневматика. – 2014. – № 4(46). – С. 83–87.
5. *Патент* 98515 Україна, МПК (2015.01) F24F 5/00. Тритрубний теплоутилизатор / *В.М. Яропуд, В.М. Пришляк, О.С. Ковязін, Е.Б. Алієв* ; заявник і патентовласник *Яропуд В.М.* – № u201413177 ; заявл. 08.12.2014; опублік. 27.04.2015, Бюл. №8, 2015 р.
6. *Виноградова В.Н.* Методические рекомендации по проектированию систем отопления и вентиляции для свиноводческих ферм и комплексов / *В.Н. Виноградова, Н.Т. Сорокина, И.В. Ильиным, Е.А. Смолинским*. – М.: Депнауцтехполитики Минсельхоза России, 2009. – 88 с.
7. *Параметри* мікроклімату тваринницьких приміщень. Методичні вказівки / [Укладачі: *Захаренко Микола Олександрович, Поляковський Василь Михайлович, Шевченко Лариса Василівна* та ін.] – Вінниця: ВЦ “Едельвейс і К”, 2012. – 35 с.
8. *Теплотехнический* калькулятор. Расчет утепления и точки росы для строящих свой дом [Электронный ресурс] / Сетевой ресурс www.smartcalc.ru, идея и разработка *В.А. Киреев*. – Режим постоянного доступа: <http://www.smartcalc.ru/thermocalc>.
9. *ДБН В.2.6-31: 2006* Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель [на заміну СНиП II-3-79]: затв. наказом № 301 Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 09.09.2006 р.; чинний від 2007-04-01. – Мінбуд України, 2006. – К.: ДП «Укрархбудінформ». – 71 с.
10. *Тепловая* защита зданий: СНиП 23-02. – Министерство регионального развития РФ, 2011. – М. – 48 с.
11. *Энергоресурсосберегающие* технические средства и их комплексы для строительства : монография / *А.В. Вавилов, В.Ф. Кондратюк, А.Я. Котлобай, Д.В. Маров*. – Мн.: Стринко, 2003. – 326 с.
12. *Энергосберегающие* системы теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: альбом / Акад. центр теплоэнергоэффектив. технологий. Т. 1, Энергосберегающие системы теплоснабжения на основе современных технологий и материалов. Теплоэнергоэффективные технологии. – СПб.: [б. и.], 2004. – 175 с. – (Информационный бюллетень; N 3(36)).

На основе полученных теоретических и экспериментальных зависимостей разработана методика инженерного расчета параметров теплоутилизатора для животноводческих помещений. Использование разработанного теплоутилизатора для свинарника-откормочника на 100 голов позволяет уменьшить расход электроэнергии при сравнении с базовым средством – тепловентилятором АОВ-ЭВО 0,9 М1 (10 кВт).

Теплоутилизатор, методика, микроклимат, животноводческие помещения, температура, теплопередача.

On basis of theoretical and experimental dependences of technique of engineering calculation of parameters of heat exchanger for

livestock buildings. Using heat exchanger designed to piggery fattening 100 goals allows umenshet power consumption when compared to the base vehicle – fan heater AOB 0.9 M1-EVO (10 kW).

Heat recovery, methods, microclimate, animal room, temperature, heat transfer.

УДК 681.317.39

ОЦІНЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОХИБОК ПРИ КОНТРОЛІ ЯКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ІМПЕДАНСУ

***О.Й. Гонсьор, кандидат технічних наук
Г.М. Дмитрів, інженер
Львівський національний аграрний університет***

У роботі розглядається електрична модель кондуктометричним клітини. Метод контролю якості води для своїх електричних параметрами. Аналіз характеристик помилок, що виникають при вимірюванні активної і реактивної складової провідності.

Контроль якості, електрофізичні показники якості, імпеданс, похибки.

Постановка проблеми. Особливий інтерес для промислової практики представляють електрохімічні методи аналізу, які дозволяють автоматизувати контроль якості води централізованого господарсько-питного водопостачання, контроль за дотриманням норм технологічного режиму у водопідготовці та моніторинг навколишнього середовища існування людини [1]. Варті уваги методи контролю якісних параметрів води за її електричною провідністю.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження методів контролю якості води та молока з допомогою кондуктометрії подано в літературі [1–4]. Зокрема в [1] та [4] розглянуто контроль саме за активною та реактивною складовими електропровідності. Аналіз методів контролю молока за його електрофізичними параметрами розглянуто в [5].

Мета досліджень. Для вимірювання електричного опору (провідності) використовують двоелектродні кондуктометричні комірки, причому вимірювання доцільно проводити на змінному струмі. Еквівалентна електрична схема двоелектродної кондуктометричної комірки подана на рис. 1.

© О.Й. Гонсьор, Г.М. Дмитрів, 2015