

ISSN 1994-4691



Всеукраїнський

науково-технічний

журнал

ПРОМИСЛОВА
ІДРАВЛІКА І
НЕВМАТИКА

4(46)

2014

ISSN 1994-4691



9 771994 469005

Асоційовані зарубіжні члени редакційної колегії:

д.т.н., проф. Попов Д.М.

(м. Москва, Росія)

д.т.н., проф. Єрмаков С.О.

(м. Москва, Росія)

д.т.н., проф. Іванов Г.М.

(м. Москва, Росія)

д.т.н., проф. Нагорний В.С.

(м. Санкт-Петербург, Росія)

д.т.н., проф. Чегодаєв Д.Є.

(м. Самара, Росія)

к.т.н., с.н.с. Малишев Є.А.

(м. Москва, Росія)

к.т.н., доц. Ащеулов О.В.

(м. Санкт-Петербург, Росія)

к.т.н., с.н.с. Колеватов Ю.В.

(м. Новосибірськ, Росія)

д.т.н., проф. Метлюк Н.Ф.

(м. Мінськ, Республіка Білорусь)

д.т.н., проф. Врублевський А. (Польща)

д.т.н., проф. Христов Х. (Болгарія)

д.т.н., проф. Неделчева П. (Болгарія)

Адреса редакції:

21008, м. Вінниця

вул. Сонячна, 3,

Вінницький національний аграрний

університет

тел.: (0432) 57-42-27, 43-72-30

e-mail: jornal-pgp@ukr.net



ГЛОБУС-ПРЕС

21021, м. Вінниця, 600-річчя, 15

Свідоцтво про внесення

до Державного реєстру ДК № 1077

тел. (+38 0432) 699-149

E-mail: globustam@rambler.ru

Технічний редактор Д.А. Вовк

Комп'ютерна верстка О.В. Стулак

Коректор Є.Н. Гонта

Здано до набору 20.04.2015.

Підписано до друку 05.05.2015.

Формат 60x84/16. Папір офсетний.

Гарнітура JOURNAL. Друк офсетний.

Ум. друк. арк. 21. Зам. № 15-11.

Наклад 100 прим.

ЗМІСТ

A.F. Salenko, A.M. Mana, V.A. Nikitin, U.O. Pavluchenko, S.V. Kovalenko Functionally oriented approach to improve processes waterjet perforation of honeycomb composites	27
Е.І. Барилук Способы реализации демпфирующего элемента в запорных узлах клапанов с уплотнением металл-металл	
E.I. Barilyuk Ways of endgaging damping in the sealing elements of the valve with metal-to-metal seal	37
Ю.В. Кулешков, М.И. Черновол, Т.В. Руденко, В.И. Гуцул, М.В. Красота Теоретические предпосылки снижения пульсации геометрической мгновенной подачи шестеренного насоса	
Yu.V. Kuleshkov, M.I. Chernovol, T.V. Rudenko, V.I. Gutsul, M.V. Krasota Theoretical assumptions of decrease of pulsation of geometric instant feed of gear pump	42
П.Н. Андренко, О.В. Дмитриенко Иерархическая модель электрогидравлического мехатронного модуля движения	
P. Andrenko, O. Dmitrienko The hierarchical model of electrohydraulic mechatronic module of movement	50
С.В. Струтинский Диссипативные характеристики демпфера с ферромагнитной жидкостью, предназначенного для использования в пространственной системе приводов	
V.B. Strutinskiy Dissipative characteristics of damper with ferrofluid which are designed to use in spatial drive system	56
Д.В. Ковриженко Числовое моделирование динамики пневматического цилиндра с керованим дросельним демпфуванням	
D.V. Kovryzhenko Numerical modelling of the pneumatic cylinder with controlling throttle damping	64
МЕХАНІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА	
Г.О. Аврун, В.І. Аносов, В.М. Рулев, В.Б. Самородов Модернізація об'ємних гідроприводів навісного устаткування колісних тракторів ПАО «ХТЗ ім. С. Орджонікідзе»	
G.A. Avrunin, V.I. Anosov, V.N. Ruliov, V.B. Samorodov Modernization of hydraulic fluid power technological equipment of the wheeled tractors of PAO «S. Ordzhonikidze KHTZ»	71
В.М. Пришляк, В.М. Яропуд, А.С. Ковязин, Е.Б. Алиев Обоснование геометрических параметров расположения отверстий в воздуховодах трехтрубного концентрического теплоутилизатора	
V. Pryshlyak, V. Yaropud, A. Kovyazin, E. Aliyev Substantiation of geometrical parameters of the arrangement of openings in air ducts of triple pipe concentric heat utilizers	83

В.М. Пришляк, канд. техн. наук,

В.М. Яропуд

Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, Україна

О.С. Ковязін, канд. техн. наук,

Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя, Україна

Е.Б. Алієв, канд. техн. наук,

Інститут олійних культур НААН України, Запоріжжя, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗТАШУВАННЯ ОТВОРІВ У ПОВІТРОПРОВІДІ ТРЬОХТРУБНОГО КОНЦЕНТРИЧНОГО ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА

SUBSTANTIATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE ARRANGEMENT OF OPENINGS I N AIR DUCTS OF TRIPLE PIPE CONCENTRIC HEAT UTILIZERS

Проведено обґрунтування геометричних параметрів розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора для забезпечення оптимального мікроклімату тваринницьких приміщень. На основі теоретичних досліджень розроблено методику визначення геометричних параметрів розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора для тваринницьких приміщень. Обґрунтовано кількість отворів та їх площу, а також розподіл відстані між отворами і об'ємних витрат повітря крізь них для прийнятих конструктивно-технологічних параметрів трьохтрубного концентричного теплоутилізатора.

Ключові слова: мікроклімат, повітря, теплоутилізатор, отвір, повітропровід, тваринницькі приміщення.

Вступ

Значну частину року, а за деякими технологіями і цілий рік, більшість сільськогосподарських тварин знаходяться в приміщеннях. У зв'язку з цим в тваринницьких приміщеннях необхідно створювати мікроклімат, який би відповідав фізіології тварин і птиці та сприятливо впливав на їх стан, здоров'я, продуктивність та якість продукції [1].

Для досягнення максимальної продуктивності тварин, мікроклімат у тваринницьких приміщеннях (повітрообмін і температура повітря) доцільно забезпечити, з енергетичної точки зору, рекуперативними теплоутилізаторами, використання яких дозволяє економити енергію, що необхідна для нагрівання повітря в приміщеннях.

Дослідженням процесу тепломасообміну в теплообмінниках присвячено багато вітчизняних та зарубіжних робіт. У роботах [2, 3, 4] викладено методику розрахунку теплообміну і гідродинаміки для практичних задач природно-циркуляційного теплообміну труб, що обігріваються.

В роботах [5, 6, 7, 8] визначено розподіл теплової енергії в теплообмінниках U-подібної форми із рідким теплоносієм.

У роботі [2] зазначені безрозмірні залежності для розрахунку тепловіддачі і витрати рідини всередині труб теплообмінника з витяжною шахтою. Недоліком запропонованої методики є вузька сфера застосування — для двотрубних теплообмінників.

Для підвищення ефективності експлуатації розробленого трьохтрубного концентричного теплоутилізатора

для тваринницьких приміщень (рисунок 1) необхідно обґрунтувати геометричні параметри розташування отворів у його зовнішньому повітропроводі, що дозволить найбільш рівномірно розподілити потік повітря по довжині теплоутилізатора.

Постановка проблеми

Обґрунтування геометричних параметрів отворів та їх розташування у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора для рівномірного розподілу потоку повітря по всій його довжині — актуальна проблема.

Завданням даної наукової роботи є визначення раціональних геометричних параметрів трьохтрубного концентричного теплоутилізатора для тваринницьких приміщень. Об'єктом дослідження є процес розподілу потоку повітря у повітропроводі. Предметом дослідження є співвідношення параметрів отворів та показники об'ємних витрат повітря крізь них у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора.

Результати досліджень

Розглянемо розрахункову схему для визначення геометричних параметрів розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора (рисунок 2). В якості осі абсцис обрано вісь трьохтрубного теплоутилізатора із початком координат у центрі його торцевого перерізу. Теплоутилізатор має довжину L , вздовж якої розташовано n отворів однакової площини σ . Швидкість потоку повітря на початку повітропроводу

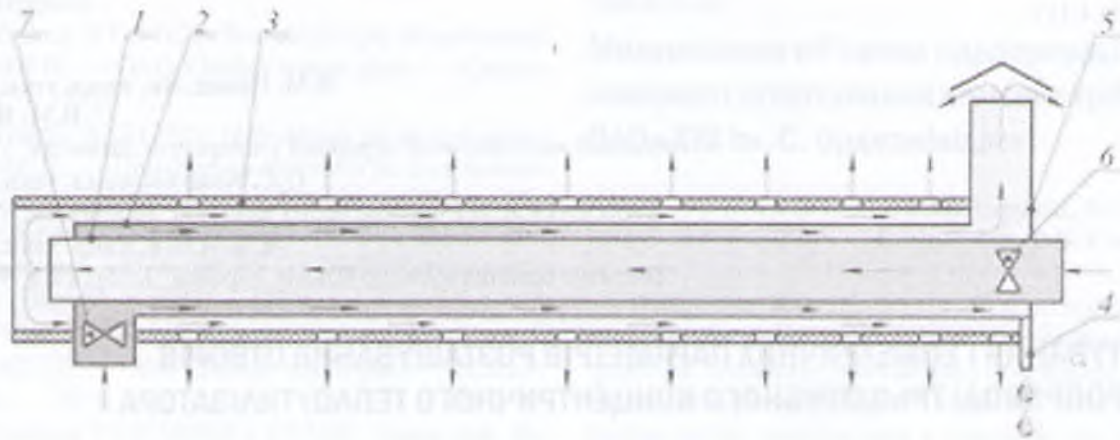


Рисунок 1 — Технологічна схема трьохтрубного концентричного теплоутилізатора:
1, 2, 3 — труби; 4 — трубка для відводу конденсату; 5 — вихідна шахта; 6 — припливний вентилятор;
7 — вихідний вентилятор.

складає w_n . Необхідно встановити, як змінюється відстань між отворами по довжині теплоутилізатора, щоб забезпечити рівномірну роздачу повітря по отворах.

Пронумеруємо всі отвори проти руху потоку повітря і проведемо поперечні перерізи за кожним отвором.

Швидкість потоку повітря, який проходить через i -ий отвір визначається згідно формули Торрічеллі [9]

$$v_i = \varphi \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_i}, \quad (1)$$

де ρ — густина повітря, кг/м^3 ; Δp_i — падіння тиску на i -ому отворі, Па ; μ — коефіцієнт витрат отвору, $\mu = 0,65$ [12].

З рівняння (1) виразимо Δp_i

$$\Delta p_i = \frac{\rho}{2} \left(\frac{v_i}{\mu} \right)^2. \quad (2)$$

Умовою рівномірного розподілу повітря є

$$\frac{\sigma \cdot v_i}{x_i} = \frac{F \cdot w_n}{L}, \quad (3)$$

де σ — площа отвору, м^2 ; L — довжина теплоутилізатора, м ; x_i — відстань між i -им і $(i-1)$ -им отворами, м ; w_n — швидкість потоку повітря на початку повітропроводу, м/с ,

$$w_n = \frac{V_0}{F};$$

V_0 — об'єми витрати повітря на початку повітропроводу, $\text{м}^3/\text{с}$; F — площа перерізу повітропроводу, м^2

$$F = \pi(r_3^2 - r_2^2); \quad (4)$$

r_2, r_3 — радіуси повітропроводів, м .

З рівняння (4) визначимо v_i

$$v_i = \frac{x_i \cdot F \cdot w_n}{\sigma \cdot L}. \quad (5)$$

Згідно закону нерозривності потоків, сума витрат повітря на заданому перерізі i -ї повинна бути постійною

$$F \cdot w_{i-1} + \sigma \cdot v_i = F \cdot w_i, \quad (6)$$

де w_i — швидкість потоку повітря на i -ому перерізі повітропроводу, м/с .

З рівняння (6) виразимо w_{i-1}

$$w_{i-1} = w_i - \frac{\sigma}{F} \cdot v_i. \quad (7)$$

Запишемо рівняння Бернуллі для $(i-1)$ -ого та i -ого перерізів повітропроводу [10]

$$\Delta p_i + \frac{\rho \cdot w_i^2}{2} = \Delta p_{i-1} + \frac{\rho \cdot w_{i-1}^2}{2} + \lambda \frac{x_{i-1}}{d_e} \frac{\rho \cdot w_{i-1}^2}{2} + 2 \cdot \eta \cdot \frac{\rho}{2} (w_i - w_{i-1})^2$$

де $d_e = 2(r_3 - r_2)$ — ефективний діаметр, м ; λ — коефіцієнт опору тертя, $\lambda = 0,01717 \cdot \text{м}$ [11]; η — коефіцієнт пом'якшення удару $\eta = 0,4$ [11].

Підставляючи (2), (5), (7) у рівняння (8) і виражаючи x_i , отримуємо

$$x_i = \frac{1, \mu^4 \sigma^3 w_n (\lambda x_{i-1} + d_e)}{w_n (\mu^2 \sigma^2 (\lambda x_{i-1} + d_e + 2\eta d_e) - F^2 d_e)} \cdot \frac{\sqrt{[2 \mu^2 \sigma^4 w_n^2 (\lambda x_{i-1} + d_e)^2 - (1,2 \lambda^2 \sigma^4 w_n^2 x_{i-1} + F^2 \sigma^4 d_e x_{i-1}^2) (\mu^2 \sigma^2 (\lambda x_{i-1} + d_e + 2\eta d_e) - F^2 d_e)]}}{w_n (\mu^2 \sigma^2 (\lambda x_{i-1} + d_e + 2\eta d_e) - F^2 d_e)}. \quad (9)$$

Залежність (9) пов'язує відстань x_i із попередньою відстанню x_{i-1} і швидкістю потоку повітря на i -ому перерізі повітропроводу w_i .

Для визначення відстані x_i , швидкості v_i , площі отворів σ та їх кількості n розробимо методику, яка складається з наступних етапів:

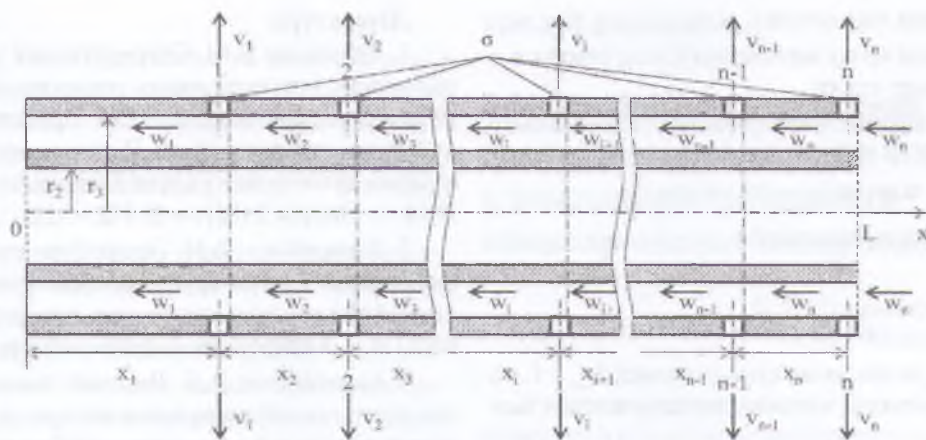


Рисунок 2 — Розрахункова схема для визначення геометричних параметрів розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного теплоутилізатора.

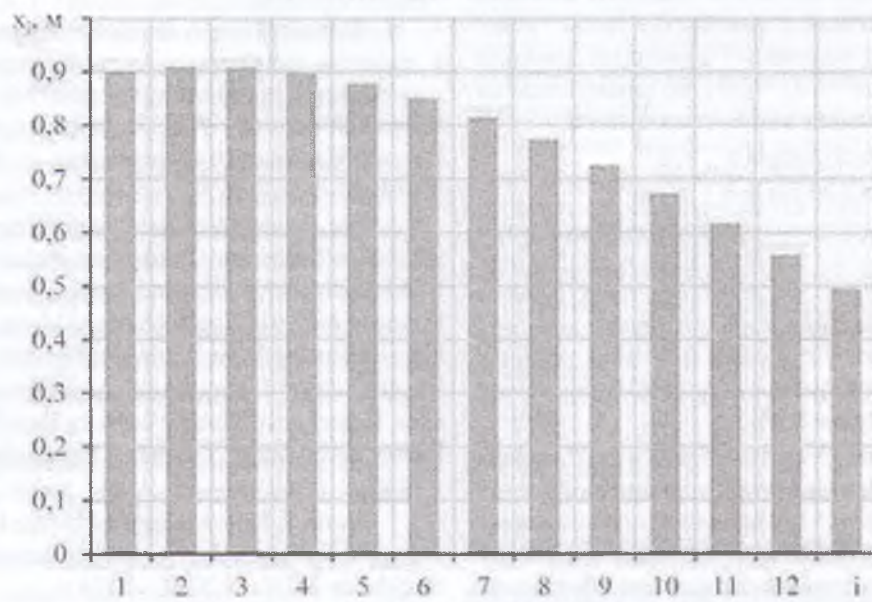


Рисунок 3 — Розподіл відстані (x_i) між отворами (i).

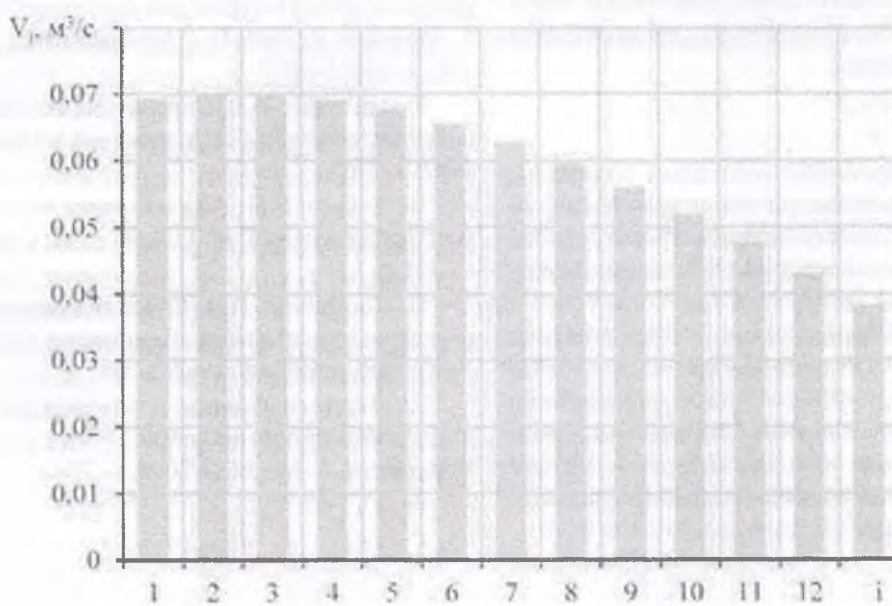


Рисунок 4 — Розподіл об'ємних витрат повітря (V_i) крізь отвори (i).

1. Встановлення параметрів $L, \mu, \eta, \lambda, d, w, F, x_1, w_1$.
2. Встановлення кроку варіювання площі отворів $\sigma = 0,001 \cdot j$, де j — номер отвору.

3. Розрахунок відстані x_i за формулою (9), де i — номер отвору.

4. Розрахунок відстані v_i за формулою (5).

5. Розрахунок суми відстаней

$$L_{calc} = \sum_{i=1}^n x_i$$

6. Виконання умови: якщо сума відстаней $L_{calc} > L$, то виконується дія пункту 7, в іншому випадку виконується пункт 3.

7. Визначення кількості отворів $n = i$.

8. Для забезпечення необхідної збіжності загальної довжини теплоутилізатора виконуємо умову: якщо модуль різниці суми відстаней і прийнятої довжини теплоутилізатора $|L_{calc} - L| < 0,01$, то виконується дія пункту 9, в іншому випадку виконується пункт 2.

9. Визначення площі отворів $\sigma_{calc} = \sigma$.

10. Визначення параметрів $n, \sigma_{calc}, x_i, v_i$.

Приймаючи конструктивно-технологічні параметри ($L = 10 \text{ м}$, $\mu = 0,65$, $\eta = 0,4$, $\lambda = 0,01717 \text{ м}$, $r_2 = 0,5 \text{ м}$, $r_3 = 0,34 \text{ м}$, $V_0 = 0,77 \text{ м}^3/\text{с}$, $x_1 = 0,9 \text{ м}$, $w_1 = 0 \text{ м/с}$) трьохтрубного концентричного теплоутилізатора, визначено кількість отворів $n=13$ та їх площу $\sigma = 0,066 \text{ м}$, а також розподіл відстані між отворами згідно рисунку 2 і об'ємних витрат повітря крізь них (рисунки 3, 4).

Аналізуючи рисунок 3 спільно з рисунком 2, можна стверджувати, що відстань між отворами поступово зменшується від 0,9 до 0,5 м в напрямку, протилежному руху повітряного потоку. Однак в кінці повітропроводу теплоутилізатора спостерігається незначне збільшення відстані на 0,01 м, що спричинено зворотнім потоком повітря, який зіштовхується із заглибленим кінцем. Також аналогічне явище спостерігається з розподілом об'ємних витрат повітря крізь отвори.

Висновки

1. В результаті теоретичних досліджень розроблено методику визначення геометричних параметрів розташування отворів у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора для тваринницьких приміщень.

2. Для прийнятих конструктивно-технологічних параметрів ($L = 10 \text{ м}$, $\mu = 0,65$, $\eta = 0,4$, $\lambda = 0,01717 \text{ м}$, $r_2 = 0,5 \text{ м}$, $r_3 = 0,34 \text{ м}$, $V_0 = 0,77 \text{ м}^3/\text{с}$, $x_1 = 0,9 \text{ м}$, $w_1 = 0 \text{ м/с}$) трьохтрубного концентричного теплоутилізатора визначено кількість отворів $n = 13$ та їх площу $\sigma = 0,066 \text{ м}$, а також розподіл відстані між отворами і об'ємних витрат повітря крізь них.

Література

1. Пришляк, В.М. Обґрунтування конструктивних параметрів рекуперативних теплоутилізаторів для тваринницьких приміщень. / В.М. Пришляк, В.М.Яропуд // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. — Вінниця, 2014. — Випуск 2 (85) — С. 102—111.

2. Канарейкин, А.И. Теплообмен при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой при ламинарном течении: Автореф. дис. канд. тех. наук / А.И. Канарейкин. — Екатеринбург, 2011. — 20 с.

3. Канарейкин, А.И. Решение задачи теплообмена при естественной циркуляции внутри теплообменника с вытяжной шахтой в ламинарной области течения / А.И. Канарейкин // Вестник ЧГПУ. — 2009. — № 11. — с. 328—333

4. Канарейкин, А.И. Исследование теплообмена в области ламинарного течения при естественной циркуляции в горизонтальном теплообменнике с вытяжной шахтой / А.И. Канарейкин, О.О. Мильман // Вестник Калужского университета. — 2008. — № 3. — с. 9—11.

5. José, Acuña. Distributed thermal response tests — New insights on U-pipe and Coaxial heat exchangers in groundwater-filled boreholes: Doctoral Thesis / José Acuña. — KTH School of Industrial Engineering and Management Division of Applied Thermodynamics and Refrigeration, 2013. — 141 p.

6. Acuña, J. Characterization and Temperature Measurement Techniques of Energy Wells for Heat Pumps. MSc thesis Energy Technology / J. Acuña // Stockholm: KTH. — 2008. — 450 p.

7. Acuña, J. Improvements of U-pipe Borehole Heat Exchangers. Licentiate thesis. Energy Technology / J. Acuña // Stockholm: KTH. — 2010. — 124 p.

8. Acuña, J. Borehole resistance and vertical temperature profiles in coaxial borehole heat exchangers / Beier R., Acuña J., Mogensen P., Palm B. // Applied Energy. — 2013. — V. 102. — P. 665—675.

9. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик — М: Машиностроение, 1992. — 672 с.

10. Талиев, В.Н. Аэродинамика вентиляции: Учеб. пособие для вузов / В.Н. Талиев. — М.: Стройиздат, 1979. — 295 с.

11. Кострюков, В.А. Сборник примеров расчета по отоплению и вентиляции. Вентиляция / В.А. Кострюков. — М.: Госстройиздат, 1962. — 201 с.

12. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. / Под ред. проф. Б.М. Хрусталева. — М.: АСВ, 2008. — 784 с.

References

1. Pryshlyak, V.M. Obruntovannya konstruktyvnykh parametriv rekuperatyvnykh teploutylizatoriv dlya tvarynyts'kykh prymishchen. / V.M. Pryshlyak, V.M. Yaropud // Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrar-noho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky. — Vinnytsya, 2014. — Vypusk 2 (85) — S. 102—111.
2. Kanareykyn, A.Y. Teploobmen pry estestvennoy tsyrkulyatsyy vnutry trub teploobmennyka s vytyazhnoy shakhtoy pry lamynarnom techenyy: Avtoref. dys. kand. tekhn. nauk / A.Y. Kanareykyn. — Ekaterynburg, 2011. — 20 s.
3. Kanareykyn, A.Y. Reshenye zadachy teploobmena pry estestvennoy tsyrkulyatsyy vnutry teploobmennyka s vytyazhnoy shakhtoy v lamynarnoy oblasti techenyya / A.Y. Kanareykyn // Vestnyk CHHPU. — 2009. — № 11. — S. 328—333.
4. Kanareykyn, A.Y. Yssledovanye teploobmena v oblasti lamynarnogo techenyya pry estestvennoy tsyrkulyatsyy v horyzontalnom teploobmennyke s vytyazhnoy shakhtoy / A.Y. Kanareykyn, O.O. Mylman // Vestnyk Kaluzhskoho unyversyteta. — 2008. — № 3. — s. 9—11.
5. José, Acuña. Distributed thermal response tests — New insights on U-pipe and Coaxial heat exchangers in groundwater-filled boreholes: Doctoral Thesis / José Acuña. — KTH School of Industrial Engineering and Management Division of Applied Thermodynamics and Refrigeration, 2013. — 141 p.
6. Acuña, J. Characterization and Temperature Measurement Techniques of Energy Wells for Heat Pumps. MSc thesis Energy Technology / J. Acuña // Stockholm: KTH. — 2008. — 450 p.
7. Acuña, J. Improvements of U-pipe Borehole Heat Exchangers. Licentiate thesis. Energy Technology / J. Acuña // Stockholm: KTH. — 2010. — 124 p.
8. Acuña, J. Borehole resistance and vertical temperature profiles in coaxial borehole heat exchangers / Beier R., Acuña J., Mogensen P., Palm B. // Applied Energy. — 2013. — V. 102. — P. 665—675.
9. Ydel'chik, Y.E. Spravochnyik po hydravlycheskym soprotyvleniyam / Y.E. Ydel'chik — M.: Mashynostroenye, 1992. — 672 s.
10. Talyev, V.N. Aérodynamyka ventilyatsyy: Ucheb. posobyе dlya vuzov / V.N. Talyev. — M.: Stroyizdat, 1979. — 295 s.
11. Kostryukov, V.A. Sbornyik prymerov rascheta po otopenyyu y ventilyatsyy. Ventilyatsyya / V.A. Kostryukov. — M.: Hosstroyizdat, 1962. — 201 s.
12. Teplosnabzhenye y ventilyatsyya. Kursovoe y diplomnoe proektyrovanye. / Pod red. prof. B.M. Khrustaleva — M.: Yzd-vo ASV, 2008. — 784 s/

УДК 697.921.4:517

Обоснование геометрических параметров расположения отверстий в воздуховодах трехтрубного концентрического теплоутилизатора

В.М. Пришляк, В.М. Яропуд,
А.С. Ковязин, Е.Б. Алиев

Рассчитаны геометрические параметры расположения отверстий в воздуховоде трехтрубного концентрического теплоутилизатора для обеспечения оптимального микроклимата животноводческих помещений. На основе теоретических исследований разработана методика определения геометрических параметров расположения отверстий в воздуховоде трехтрубного концентрического теплоутилизатора для животноводческих помещений. Обоснованно количество отверстий и их площадь, а также распределение расстояния между отверстиями и объемного расхода воздуха через них для принятых конструктивно-технологических параметров трехтрубного концентрического теплоутилизатора.

Ключевые слова: микроклимат, воздух, теплоутилизатор, отверстие, воздуховод, животноводческие помещения.

UDC 697.921.4:517

Substantiation of geometrical parameters of the arrangement of openings in air ducts of triple pipe concentric heat utilizers

V. Pryshlyak, V. Yaropud
A. Kovyazin, E. Aliyev

A study of geometrical parameters of the location of the holes in air ducts triple pipe concentric heat utilizers to ensure optimum microclimate for livestock is considered. On the basis of theoretical research methodology worked out definition of geometrical parameters for the location of holes in air ducts triple pipe concentric heat utilizers for livestock buildings. It is given the reason for the number of holes and their area, as well as the distribution of the distance between holes and the volumetric flow of air through it for adopted structural and technological parameters triple pipe concentric heat utilizers.

Keywords: microclimate, air, heat recovery units, hole, duct, livestock buildings.