Изследване топлообменните параметри на водо-въздушен конвектор в лабораторна термопомпена инсталация

Живко Колев, Пенчо Златев, Пламен Мушаков, Валентин Бобилов

Investigation the heat exchange parameters of a water-air convector in a laboratory heat pump installation: *In this report experimental results from an investigation of the coefficients of heat convection and the heat transfer coefficient of a convector's heat exchange apparatus have been presented.*

Key words: *Convector; Coefficient of Heat Convection, Heat Transfer Coefficient.*

ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящият доклад са представени резултати от експериментално изследване коефициентите на топлопредаване и коефициента на топлопреминаване на топлообменния апарат на водо-въздушен конвектор в лабораторна реверсивна термопомпена инсталация. Топлообменните параметри на конвектора са определени по методиката, описана в [2].

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Зададени параметри:

► настройка на термопомпата - температура на включване t_4 = 42 ^oC (температура на водата от конвектора), температура на изключване t_4 = 45 ^oC;

► настройка на вентилатора на конвектора – максимален дебит (степен ,,HIGH");

► настройка на циркулационната помпа във вътрешният кръг на инсталацията $\dot{V}_1 = 0{,}000148\ m^3/s$.

2. Измерени параметри:

► температура на околния въздух $t_{ок.ср.} = 14{,}2\ ^oC$;

► средна скорост на въздушният поток на изхода на конвектора $w_{изм.-2} = 1{,}86\ m/s$.

3. Изследване коефициента на топлопредаване между водата и вътрешната повърхност на тръбичките (α_1)

Изчислява се скоростта на движение на водата в тръбичките на конвектора [2]:

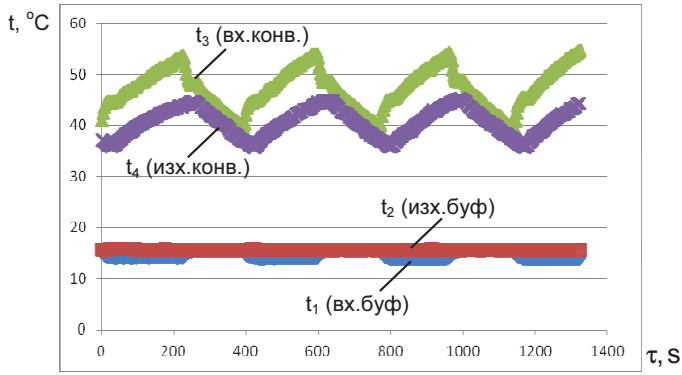
$$w_1 = \frac{\dot{V}_1}{2}.S_{тр.1} = \frac{\dot{V}_1}{2}.\frac{\pi.d^2_{тр.1}}{4} = \frac{0{,}000148}{2}.\frac{3{,}14.0{,}008^2}{4} = 1{,}472\ m/s. \quad (1)$$

На фиг.1 е показано изменението на температурите на водата в двата кръга на инсталацията (измерването на температурите е през 1 s).

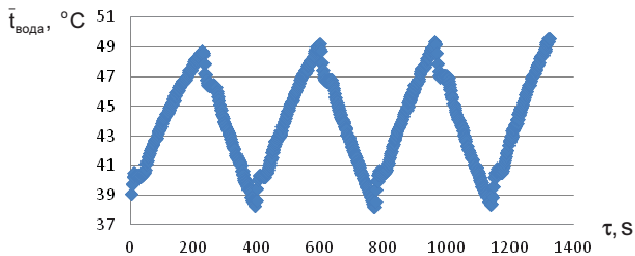
На фиг.2 е показано изменението на средната температура на водата в тръбичките на конвектора $\bar{t}_{вода}$.

На база на получените резултати за изменението на $\bar{t}_{вода}$ и получените гранични стойности на тази температура, въз основа на таблични данни, са съставени уравнения за определяне на моментните стойности на кинематичният вискозитет ($\nu_1, m^2/s$), коефициентът на топлопроводност ($\lambda_1, W/m.K$) и критерият на Прандтл (Pr_1) на водата.

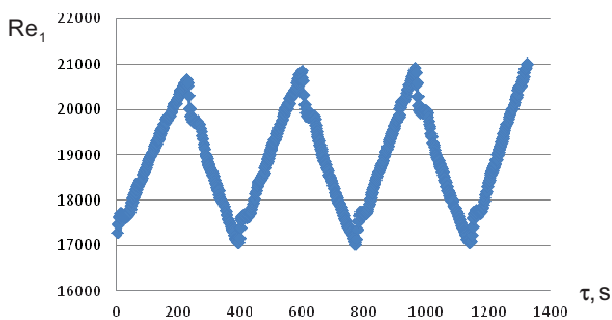
На фиг.3 е показано изменението на критерия на Рейнолдс Re_1.



Фиг.1. Изменение температурите на водата в двата кръга на инсталацията



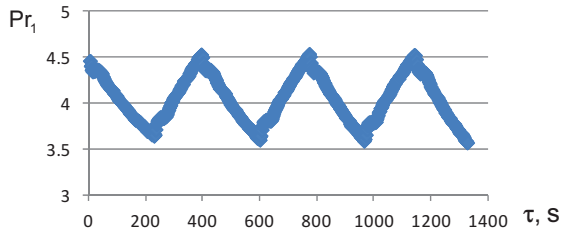
Фиг.2. Изменение на температурата $\bar{t}_{вода}$



Фиг.3. Изменение на критерия Re_1

Изменението на Re_1 във времето се дължи на изменението на ν_1 при промяна на $\bar{t}_{вода}$. От фигурата се вижда, че максималните стойности на Re_1 са около 21200 а минималните – около 16900.

На фиг.4 е показано изменението на критерия на Прандтл Pr_1. От фигурата може да се отчете, че максималните стойности на Pr_1 са около 4,6 а минималните – около 3,5.



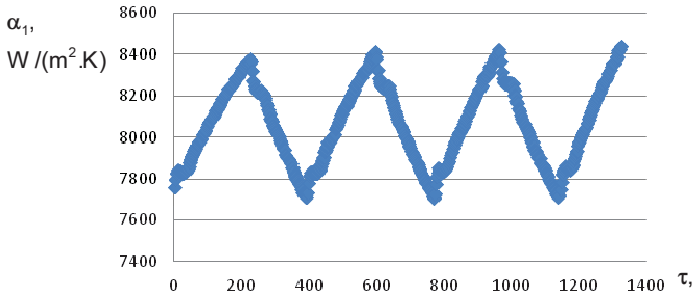
Фиг.4. Изменение на критерия Pr_1

Въз основа на получените резултати за Re_1 и Pr_1 следва, че може да се използва следното критериално уравнение за определяне критерия на Нуселт [1]:

$$Nu_1 = 0{,}021 . Re_1^{0,8} . Pr_1^{0,43} . \qquad (2)$$

Следва изчисляване на коефициента на топлопредаване α_1.

На фиг.5 е показано изменението на коефициента α_1 във времето.



Фиг.5. Изменение на коефициента α_1

Средната стойност на коефициента на топлопредаване в рамките на проведения експеримент е $\overline{\alpha}_1 = 8064\ W/(m^2.K)$.

4. Изследване коефициента на топлопредаване между външната повърхност на оребрения тръбен сноп и обтичащият го поток от въздух (α_2)

Изчислява се средната действителна скорост на въздушния поток в най-тясното сечение на външната повърхност на топлообменния апарат [2]:

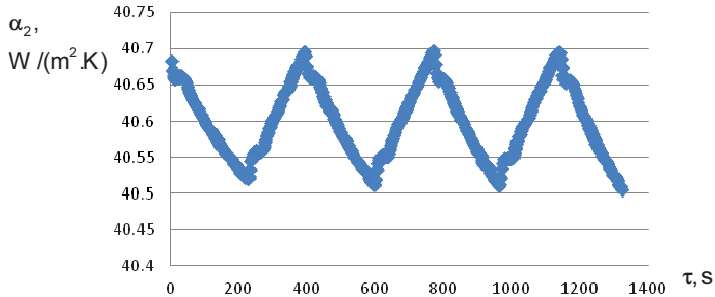
$$w_2 = w_{изм.-2} \frac{S_2}{S_{тясно\,сеч.-2}} = 1{,}86 . \frac{0{,}115}{0{,}041} = 5{,}06\, m/s . \qquad (3)$$

Изчисляват се моментните стойности на средната температура на въздуха, обтичащ външната повърхност на топлообменника $\bar{t}_{въздух}$ и на тази база се определят моментните стойности на ν_2, λ_2 и Pr_2. Изчисляват се моментните стойности на Re_2, като максималните стойности са около 3270 а минималните – около 3090. Въз основа на получените резултати за Re_1 и на отношението (d/t) следва, че може да се използва следното критериално уравнение за определяне критерия на Нуселт [1]:

$$Nu_2 = 0{,}25 . \left(\frac{d}{t}\right)^{-0,54} . \left(\frac{D-d}{2.t}\right)^{-0,14} . Re_2^{0,65} . Pr_2^{0,4} , \qquad (4)$$

където геометричните параметри на оребрения тръбен сноп са съответно D = 22 mm, d = 10 mm и t = 2,1 mm [1, 2].

Следва изчисляване на коефициента на топлопредаване α_2, изменението на който е показано на фиг.6.



Фиг.6. Изменение на коефициента α_2

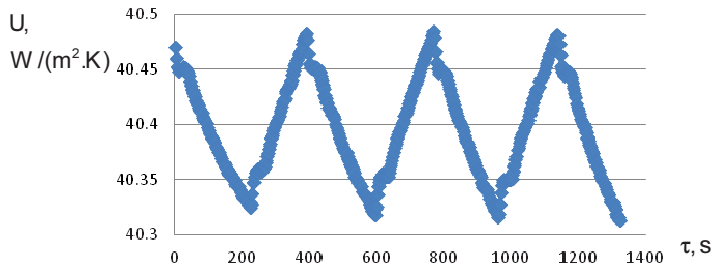
Средната стойност на коефициента на топлопредаване в рамките на проведения експеримент е $\overline{\alpha}_2 = 40{,}59\ \mathrm{W/(m^2.K)}$.

5. Изследване коефициента на топлопреминаване между водата в тръбичките и въздушния поток (U)

За изчисляване моментните стойности на коефициента на топлопреминаване на топлообменния апарат се използва формулата [2]:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, \mathrm{W/(m^2.K)}. \qquad (5)$$

На фиг.7 е показано изменението на коефициента U във времето.



Фиг.7. Изменение на коефициента U

Средната стойност на коефициента на топлопреминаване в рамките на проведения експеримент е $\overline{U} = 40{,}39\ \mathrm{W/(m^2.K)}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коефициентът α_1 се променя в по-големи процентни граници от коефициента α_2, което се дължи на по-големият диапазон на промяна на $\bar{t}_{вода}$ в сравнение с $\bar{t}_{въздух}$ и по-големият диапазон на промяна на Nu_1 в сравнение с Nu_2.

Определянето на моментните стойности (във всяка секунда) на изследваните параметри и представянето на изменението им във времето, дават възможност да се анализира по ясно взаимовръзката между тях в конкретното изследване.

Благодарности: *докладът отразява резултати от работата по проект No 2015 – АИФ – 03, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.“*

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Илиев, И., В. Бобилов, В. Камбурова, Ж. Колев, П. Златев, П. Мушаков. Сборник задачи по топлообмен и топлообменни апарати. Русе, Инженеринг и изследвания за земеделието, 2015, ISBN 978-619-7135-07-7.

[2]. Колев, Ж., П. Златев, П. Мушаков, В. Бобилов. Методика за определяне топлообменните параметри на водо-въздушен конвектор в лабораторна термопомпена инсталация. Научни трудове на РУ “А. Кънчев”, 2015 (под печат).

За контакти:

Гл. ас. д-р Живко Колев, катедра “Топлотехника, хидравлика и екология”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 304, e-mail: zkolev@uni-ruse.bg

Гл. ас. д-р Пенчо Златев, катедра “Топлотехника, хидравлика и екология”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 303, e-mail: pzlatev@uni-ruse.bg

Гл. ас. д-р Пламен Мушаков, катедра “Топлотехника, хидравлика и екология”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 304, e-mail: pgm@uni-ruse.bg

Доц. д-р Валентин Бобилов, катедра “Топлотехника, хидравлика и екология”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 844, e-mail: bobilov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.