# Методика за определяне топлообменните параметри на водо-въздушен конвектор в лабораторна термопомпена инсталация

Живко Колев, Пенчо Златев, Пламен Мушаков, Валентин Бобилов

***Methodology for determination the heat exchange parameters of a water-air convector in a laboratory heat pump installation:*** *The purpose of this work is to develop a methodology for determination the coefficients of heat convection and the heat transfer coefficient of a convector's heat exchange apparatus.*

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

## ВЪВЕДЕНИЕ

Лабораторната реверсивна термопомпена инсталация тип „вода-вода" работи без буферен съд във вътрешния кръг и с консуматор (водо-въздушен конвектор) с ниска топлинна (охладителна) мощност, сравнена с номиналната мощност на термопомпата, което предполага изследване на силно изразени нестационарни процеси. Термопомпеният агрегат работи с компресор без регулиране честотата на въртене [1].

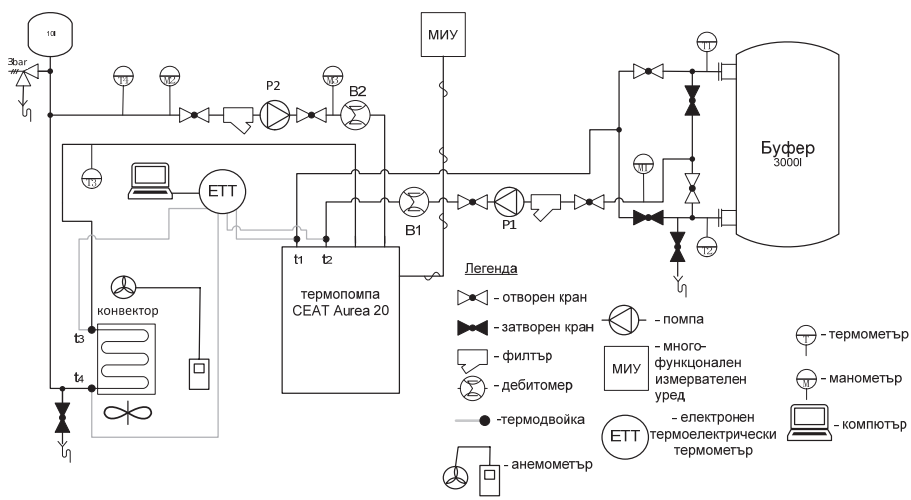
Водо-въздушният конвектор е марка BUMYANG, модел FVC20MLL2. Топлообменният апарат на конвектора представлява двутръбен, шахматно подреден, оребрен тръбен сноп. Тръбният сноп се обтича напречно от въздушен поток. Тръбите и ребрата са изработени от медна сплав [1].

Целта на настоящата работа е да се разработи методика за определяне коефициентите на топлопредаване и коефициентът на топлопреминаване на топлообменния апарат на конвектора.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

### 1. Принципна схема и описание на лабораторната термопомпена инсталация

На фиг.1 е показана принципна схема на лабораторната инсталация.



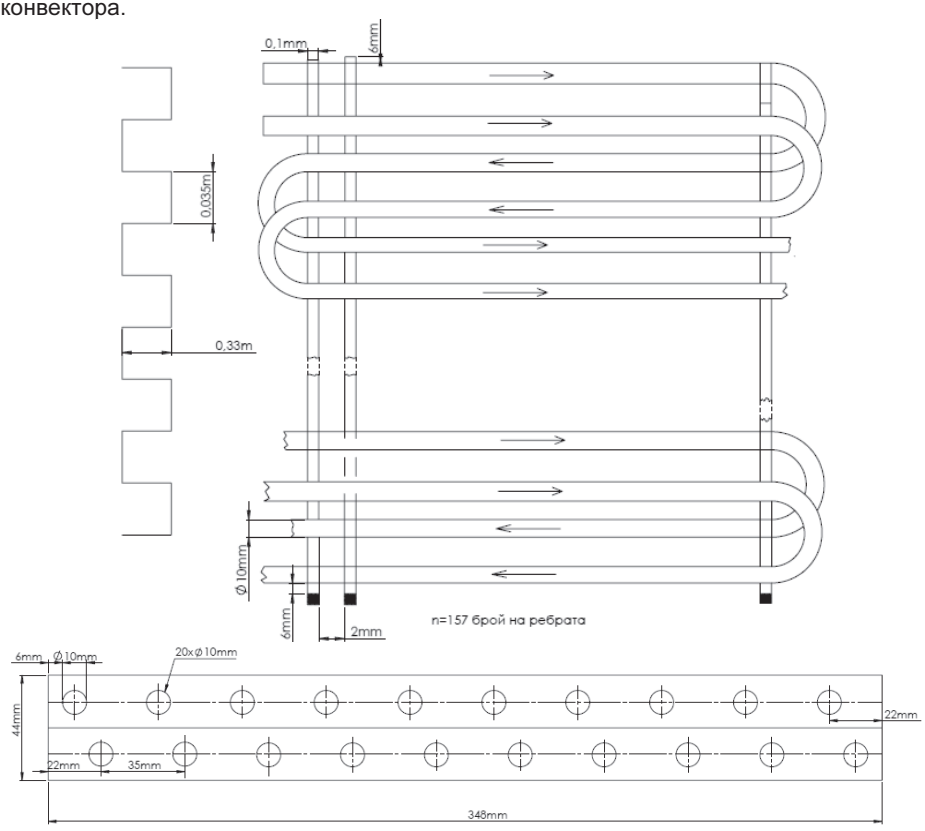

***Фиг.1. Принципна схема на лабораторната термопомпена инсталация***

Лабораторната инсталация позволява да се извършват редица лабораторни упражнения и научни изследвания. Имитира се работата на термопомпена инсталация за отопление и охлаждане на жилищна сграда, като термопомпата работи с топлинен източник – вода от подземен кладенец (река). За измерване температурите на водата (на входа и на изхода на конвектора) и на температурата на околния въздух, се използва цифров термоелектрически термометър “Thermologger K204”. За непрекъснато следене на измерваните температури в определен интервал от време, графично и таблично визуализиране на получените резултати, се използва компютърна програма “TestLink SE-309”. Скоростта на въздушният поток, създаван от вентилатора на конвектора, се измерва с дигитален анемометър „Mastech” [1].

## 2. Методика за определяне коефициентите на топлопредаване и коефициентът на топлопреминаване на конвектора

2.1. Принципна схема на топлообменния апарат

На фиг.2 е показана принципна схема на топлообменният апарат на конвектора.




***Фиг.2. Принципна схема на топлообменния апарат***

В тръбичките на конвектора тече вода, която се загрява или охлажда от термопомпата в зависимост от режима на работа на инсталацията. Тръбният сноп се

обтича напречно от въздушен поток, създаван от осов вентилатор.

Необходимо е да бъдат определени: коефициентът на топлопредаване между водата и вътрешната повърхност на тръбичките, коефициентът на топлопредаване между външната повърхност на оребрения тръбен сноп и обтичащият го поток от въздух, коефициентът на топлопреминаване между водата в тръбичките и въздушния поток.

2.2. Методика за определяне коефициента на топлопредаване между водата и вътрешната повърхност на тръбичките ($\alpha_1$)

2.2.1. Определя се обемният дебит на водата във вътрешния кръг на инсталацията (през тръбичките на конвектора) $\dot{V}_1 [m^3/s]$ по показанието на дебитомера.

2.2.2. Определя се скоростта на движение на водата в тръбичките на конвектора:

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

където $d_{тр.1} = 8mm$ е вътрешният диаметър на тръбичките на конвектора.

2.2.3. Изчислява се средната температура на водата, циркулираща във вътрешния кръг на инсталацията:

$$\bar{t}_{вода} = \frac{t_3 + t_4}{2}, \ °C \quad (2)$$

където $t_3$ и $t_4$ са съответно температурите на водата на входа и на изхода на конвектора, $°C$. Тези температури се измерват на външната повърхност на тръбичките на конвектора. Тъй, като тръбичките и ребрата са изработени от мед и са с много малки дебелини, термичното им съпротивление се пренебрегва, тоест се пренебрегва и температурната разлика между температурата на водата в тръбичките и температурата на външната повърхност на топлообменника.

2.2.4. Според $\bar{t}_{вода}$ се определят таблично следните физични параметри на водата: кинематичен вискозитет ($\nu_1, m^2/s$), коефициент на топлопроводност ($\lambda_1, W/m.K$) и критерий на Прандтл ($Pr_1$).

2.2.5. Изчислява се критерият на Рейнолдс:

$$Re_1 = \frac{w_1.d_{тр.1}}{\nu_1}. \quad (3)$$

2.2.6. Според получените стойности на $Re_1$ и $Pr_1$ се избира критериално уравнение за изчисляване на критерия на Нуселт ($Nu_1$).

2.2.7. Изчислява се коефициентът на топлопредаване $\alpha_1$:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1.\lambda_1}{d_{тр.1}}, W/(m^2.K). \quad (4)$$

2.3. Методика за определяне коефициента на топлопредаване между външната повърхност на оребрения тръбен сноп и обтичащият го поток от въздух ($\alpha_2$)

2.3.1. Измерва се скоростта на въздушния поток $w_{изм.-2} [m/s]$, създаван от вентилатора, на изхода на конвектора.

2.3.2. Изчислява се средната действителна скорост на въздушния поток в най-тясното сечение на външната повърхност на топлообменния апарат, по формулата:

$$w_2 = w_{изм.-2} \frac{S_2}{S_{тясно сеч.-2}}, m/s \quad (5)$$

където: $S_2 = 0{,}115\,m^2$ е напречната площ на топлообменника, обтичана от въздушния поток;

$S_{тясно сеч.-2} = 0{,}041\,m^2$ е напречната площ на въздушната междина между тръбичките и ребрата на топлообменника.

2.3.3. Изчислява се средната температура на въздуха, обтичащ външната повърхност на топлообменника:

$$\bar{t}_{въздух} = \frac{\bar{t}_{вода} + t_{ок.ср.}}{2}, \ ^oC \quad (6)$$

където $t_{ок.ср.}$ е определящата температура на околния въздух (измерена на достатъчно голямо разстояние от конвектора), $^oC$;

$\bar{t}_{вода}\,[^oC]$ се приема за средната температура на външната повърхност на топлообменника.

2.3.4. Според $\bar{t}_{въздух}$ се определят таблично следните физични параметри на въздуха: кинематичен вискозитет ($\nu_2, m^2/s$), коефициент на топлопроводност ($\lambda_2, W/m.K$) и критерий на Прандтл ($Pr_2$).

2.3.5. Изчислява се критерият на Рейнолдс:

$$Re_2 = \frac{w_2.d_{тр.2}}{\nu_2}, \quad (7)$$

където $d_{тр.2} = 10\,mm$ е външният диаметър на тръбичките на конвектора.

2.2.6. Според получените стойности на $Re_2$ и $Pr_2$ се избира критериално уравнение за изчисляване на критерия на Нуселт ($Nu_2$).

2.2.7. Изчислява се коефициентът на топлопредаване $\alpha_2$:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2.\lambda_2}{d_{тр.2}}, W/(m^2.K). \quad (8)$$

<u>2.4. Методика за определяне коефициента на топлопреминаване между водата в тръбичките и въздушния поток</u> $(U)$

За определяне на коефициента на топлопреминаване се прилага формулата за еднослойна плоска стена, като се пренебрегва термичното съпротивление ($\delta_{ст}/\lambda_{ст}$) на тръбичките и ребрата:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ но } \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} \approx 0 \quad \Rightarrow U \approx \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, W/(m^2.K). \quad (9)$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представената методика дава възможност да се изследват моментните и средни стойности на коефициентите на топлопредаване и коефициентът на топлопреминаване на конвектора, при работа на лабораторната инсталация в различни режими и при различни зададени работни параметри.

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

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бобилов, В., Г. Генчев, Пл. Мушаков, П. Златев, Ж. Колев. Методика за изследване коефициента на трансформация на реверсивна термопомпа „вода – вода". Научни трудове на РУ "А. Кънчев", Русе, 2011, том 50, серия 1.2, с. 8–12.

**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.**