

**Бранислав В. Сивојановић*, Јелена Н. Јаневски, Марко Г. Игњатовић,
Младен М. Сивојановић, Дејан М. Мишировић, Мића В. Вукић**

Машински факултет, Универзитет у Нишу, Ниш, Србија

Експериментално испитивање карактеристика рекуператора топлоте ваздух–ваздух

Оригинални научни рад
UDC: 66.045.7

У раду је дао приказ експерименталне инсталације за испитивање карактеристика рекуперативних измењивача ваздух–ваздух. Пројектована инсталација омогућава варирање радних параметара – протока и температуре ваздуха у циљу добијања карактеристика рекуперативног измењивача: ваздушне снаге, пада притиска и степена рекулације. Посебно су приказани резултати експерименталног испитивања рекуператора ваздушне FОН-HR5 на основу којих су добијени параметри за нове конструкције измењивачких површина.

Кључне речи: ваздух, рекулација, ваздух

Увод

Вентилациони системи који користе повраћај енергије обезбеђују у вентилираним објектима минималне губитке енергије. Смањење трошкова загревања ваздуха за проветравање у зимском периоду постиже се разменом топлоте између топлог унутрашњег ваздуха који се избацује и свежег (хладног) доводног ваздуха. У летњем периоду унутрашњи ваздух хлади топлији убачени ваздух и на тај начин смањује трошкове проветравања.

Основни елементи у оваквим системима за повраћај енергије је рекуперативни измењивач топлоте ваздух–ваздух. Ефикасност овог измењивача и топлоте зависи у првом реду од конструктивних карактеристика самог измењивача, односно од величине и облика измењивачке површине [1]. Брзина и степен турбулизације ваздушне струје утиче на интензитет прелаза топлоте са топлијег ваздуха на измењивачку површину и са измењивачке површине на хладнију ваздушну струју. Након пројектовања измењивача топлоте, због немогућности довољно тачног одређивања свих релевантних утицаја на коефицијенте прелаза топлоте потребно је да се и

* Одговорни аутор; електронска адреса: banes@masfak.ni.ac.rs

експериментално утврде карактеристике рекуператора топлоте. Ту се у првом реду мисли на зависност ефикасности рекуператора топлоте и пада притиска у рекуператору од протока ваздуха и улазних температура топлог и хладног ваздуха. Због тога је на Машинском факултету у Нишу израђена експериментална инсталација за испитивање размењивача топлоте и спроведена су испитивања његових карактеристика.

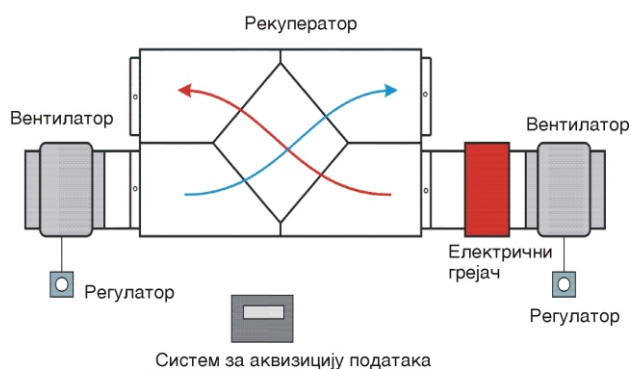
Експериментална инсталација

Пројектована експериментална инсталација за испитивање карактеристика рекуператора топлоте треба да обезбеди промену следећих радних параметара:

- протока топлог и хладног ваздуха, и
 - улазних температура топлог и хладног ваздуха,
- као и мерење следећих величина топлог и хладног ваздуха:
- протока,
 - улазне и излазне температуре, и
 - пада притиска.

Експериментална инсталација приказана на сл. 1 састоји се од следећих елемената:

- вентилатора за довод топлог ваздуха са регулятором броја обртаја,
- електричног грејача топлог ваздуха,
- вентилатора за довод хладног ваздуха са регулятором броја обртаја, и
- система за аквизицију података.



Слика 1. Експериментална инсталација

За мерење протока, односно брзине ваздуха у каналу коришћен је термоанемометар тип AIRFLOW TA5, док је за мерење температура коришћен систем за аквизицију података NIGOS који је омогућавао да се у дефинисаним временским корацима обавља мерење и меморисање све 4 температуре ваздуха. Мерење пада притиска у рекуператору топлоте обављано је помоћу микроманометара.

Експериментално испитивање

У току експерименталног испитивања за одређени проток ваздуха, који је подешаван помоћу регулятора броја обртаја, а који је био једнак и на хладној и на топлој

страни за више различитих температурних режима, мерене су улазне и излазне температуре ваздуха. Температура топлог ваздуха подешавана је променом снаге електричног грејача, док је температура улазног хладног ваздуха била једнака спољној температури.

Након достизања стационарног стања обављено је читавање свих параметара у одређеном временском интервалу, а затим је извршено осредњавање измерених вредности. Извршено је више серија експеримената за четири протока ваздуха и различите температурне режиме.

Експериментално истраживање је спроведено на рекуператору топлоте фирме „ФОН Инжењеринг” из Ниша тип FON-RT500. Основне карактеристике размењивача топлоте су:

- дужина 470 mm,
- ширина 470 mm,
- висина 270 mm,
- број плоча 34, и
- тип плоче FON-1.

Рекуператор топлоте са размењивачем топлоте и прикључцима је приказан на сл. 2. Конструкција рекуператора топлоте омогућава постављање измењивача различитих димензија и типа плоча.



Слика 2. Инсталација за испитивање рекуператора са мерним уређајима

Резултати мерења и њихова анализа

Испитивања карактеристика размењивача топлоте спроведена су за протоке ваздуха 600, 750, 900 и 1000 m³/h.

Ефикасност размењивача топлоте се може дефинисати у односу на топлу ваздушну струју [2]:

$$\eta_t = \frac{t_3 - t_4}{t_3 - t_1} \quad (1)$$

или на хладну ваздушну струју:

$$\eta_h = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1} \quad (2)$$

где су:

t_1 – улазна температура хладног ваздуха,

t_2 – излазна температура хладног ваздуха,

t_3 – улазна температура топлог ваздуха, и

t_4 – излазна температура топлог ваздуха.

У табл. 1 су дати резултати мерења, а у табл. 2 вредности ефикасности размењивача топлоте.

На основу добијених вредности може се добити зависност ефикасности размењивача топлоте за један температурни режим од протока ваздуха (сл. 3). Са графика се може закључити да је са повећањем протока ваздуха за 66%, односно од 600 m³/h на 1000 m³/h, дошло до повећања ефикасности размене топлоте за 10%, односно од 41% на 45%.

Таблица 1. Мерења температуре – средње вредности

Проток ваздуха [m ³ h ⁻¹]	t_1 [C]	t_2 [C]	t_3 [C]	t_4 [C]
600	13,69	18,22	24,24	19,30
600	21,08	25,81	31,61	26,81
750	20,00	23,67	28,72	24,95
750	17,1	20,65	25,41	21,84
900	22,54	24,34	27,22	24,22
900	21,94	25,43	30,40	26,81
1000	15,13	18,42	22,78	19,36
1000	18,85	22,46	28,12	23,78

Свакако да је важна карактеристика рекуператора топлоте и пад притиска кроз рекуператор јер он утиче на ефикасност целог система за проветравање. Због тога је извршено мерење пада притиска кроз рекуператор [3] у функцији протока ваздуха. Добијена зависност приказана је на сл. 4. Уочава се да је пад притиска у рекуператору мали односно да постоје могућности повећања ефикасности размењивача топлоте.

Таблица 2. Прерачунате вредности степена ефикасности за константну спољну температуру

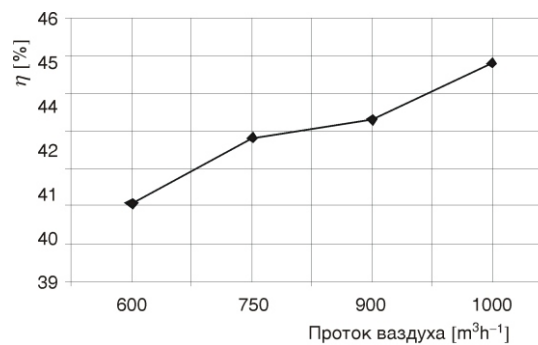
Проток ваздуха [m ³ /h]	t_1 [C]	t_2 [C]	t_3 [C]	t_4 [C]	Q [W]	η [%]
600	5	5,26	20	9,74	2053	42,06
750	5	5,70	20	9,30	2675	42,80
900	5	5,82	20	9,18	3246	43,27
1000	5	6,20	20	8,80	3734	44,81

Закључак

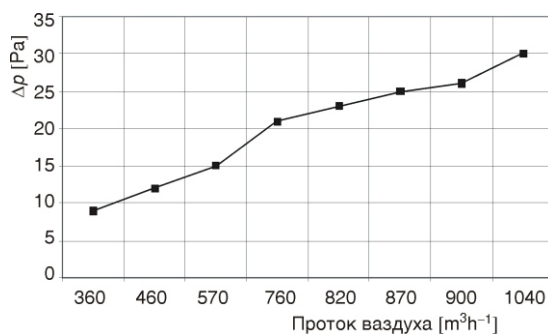
На основу спроведених мерења и добијених карактеристика рекуператора топлоте ваздух–ваздух може се закључити да, као што се и очекивало, постоји могућност повраћања енергије која се са отпадним ваздухом одводи из просторије. Експериментална инсталација омогућава квалитетно извођење експеримената са могућношћу варирања свих релевантних параметара. Ефикасност испитиваног размењивача топлоте у испитиваном опсегу протока ваздуха од 600 1000 m³/h се креће од 41 45% са падом притиска од 10 30 Pa, што указује да се, с обзиром на релативно мали пад притиска, може извршити корекција конструкције измењивача и уградити већа размењивачка површина.

Литература

- [1] Recknagel-Sprenger, Приручник за грејање и климатизацију, Грађевинска књига, Београд, 1982.
- [2] ASHRE HVAC Systems and Equipment
- [3] VDI Wärme Atlas, VDI VERLAG, Düsseldorf, Germany, 1991



Слика 3. Промена степена ефикасности рекуператора топлоте у функцији протока



Слика 4. Промена пада притиска у функцији протока

Abstract

**Experimental Investigation of Characteristics
of Air to Air Heat Recuperators**

by

*Branislav V. STOJANOVIĆ**, *Jelena N. JANEVSKI*, *Marko G. IGNJATOVIĆ*,
Mladen M. STOJILJKOVIĆ, *Dejan M. MITROVIĆ*, and *Mića V. VUKIĆ*

Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš, Niš, Serbia

In this paper, experimental installation for investigating properties of air-to-air heat exchangers is described. This installation enables varying of operating parameters – air flow and air temperature, in order to obtain characteristics of heat recovery device: heat capacity, pressure drop, and efficiency. The results of experimental investigation of air-to-air heat exchanger FON-HR5, which are starting point for developing new exchanger surfaces, are given.

Key words: *heat, recovery, air*

*Corresponding author; e-mail: banes@masfak.ni.ac.rs

Рад примљен: 20. фебруара 2010.
Рад прихваћен: 8. марта 2010.