



UNIVERZITET U NIŠU / UNIVERSITY OF NIŠ /
MAŠINSKI FAKULTET U NIŠU
/ FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING NIŠ /
ZAVOD ZA MAŠINSKO INŽENJERSTVO
/ INSTITUTE FOR MECHANICAL ENGINEERING /
LABORATORIJA ZA TERMOTEHNIKU, TERMOENERGETIKU I
PROCESNU TEHNIKU
/ LABORATORY FOR THERMAL AND PROCESS ENGINEERING /
18000 Niš, ul. A. Medvedeva br. 14
tel/faks 018/588-199, 500-699, 500-701, e-mail: zavod@masfak.ni.ac.rs

IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU / REPORT ON EXAMINATION / **Br. / No / 612-22-99/14**

Proizvod: ČELIČNI PANELNI RADIJATOR
/ Product / */ STEEL PANEL RADIATOR /*
Model / Model /: THERMOKRAFT
Tip / Type /: THERMOKRAFT 22-600x1000

Proizvođač: PEKSA GROUP,
/ Manufacturer / Aydın Organize Sanayi Bolgesi, Umurlu, AYDIN - TURKEY

Naručilac: ETAŽ d.o.o.
/ Ordering party / Šumatovačka 2, 11224 Vrčin Beograd, SRBIJA

Metod ispitivanja: Izvršeno je ispitivanje toplotne snage čeličnog panelnog radijatora.
/ Results of examination / */ Examination of steel panel radiator heating capacity is performed. /*
Ispitivanja su izvršena u skladu sa standardima SRPS M.E6.083 i SRPS EN 442-2:2012.
/ Examinations are performed according to the standards SRPS M.E6.083 and SRPS EN 442-2:2012. /
Čelični panelni radijator model THERMOKRAFT, tip THERMOKRAFT 22-600x1000, dostavio je naručilac 17.07.2014. godine.
/ Steel panel radiator, model THERMOKRAFT, type THERMOKRAFT 22-600x1000, is delivered by the Ordering party on 17.07.2014. /
Dužina radijatora je 1000 mm, visina 600 mm, širina (debljina) 102 mm, rastojanje priključaka 550 mm.
/ Radiator length is 1000 mm, height 600 mm, width is 102 mm, difference between connections is 550 mm. /

Rezultati ispitivanja: <i>/ Results of examination /</i>	Nazivna toplotna snaga radijatora, Φ, za $\Delta t = 60^\circ\text{C}$ <i>/ Nominal heating capacity of the radiator, Φ, for $\Delta t = 60^\circ\text{C} /$</i>	2185 W
	Nazivna toplotna snaga radijatora, Φ, za $\Delta t = 50^\circ\text{C}$ <i>/ Nominal heating capacity of the radiator, Φ, for $\Delta t = 50^\circ\text{C} /$</i>	1712 W
	Koeficijent toplotne snage radijatora, K_m <i>/ Coefficient of radiator heating capacity, $K_m /$</i>	9,1113
	Eksponent toplotne snage, n <i>/ Exponent of heating capacity, $n /$</i>	1,3384
	Maksimalna temperatura vode <i>/ Maximal water temperature /</i>	110 °C
	Maksimalni radni pritisak <i>/ Maximal working pressure /</i>	10 bar

Niš, 25.07.2014. god.

Rukovodilac ispitivanja
/ Examination Manager /


Prof. dr Mladen Stojiljković



Rukovodilac Zavoda za mašinsko inženjerstvo
/ Director of the Institute of Mechanical Engineering /


Prof. dr Dragan Milčić

1. PREDMET ISPITIVANJA

Na osnovu zahteva Naručioca od 17.07.2014. godine izvršeno je ispitivanje čeličnog panelnog radijatora model **THERMOKRAFT**, tip **THERMOKRAFT 22-600x1000**, proizvođača "**PEKSA GROUP**", – **TURSKA**. Za ispitivanje je dostavljen jedan uzorak navedenog tipa radijatora, dužine 1000 mm.

2. NARUČILAC

ETAŽ d.o.o., Šumatovačka 2, 11224 Vrčin Beograd, SRBIJA

3. NAMENA PROIZVODA

Ovo grejno telo namenjeno je za zagrevanje vazduha u prostorijama. Kao grejni fluid koristi se topla voda, a predaja toplote vrši se konvekcijom i zračenjem.

4. TEHNIČKI PODACI

Tehničke karakteristike čeličnog panelnog radijatora model **THERMOKRAFT**, tip **THERMOKRAFT 22-600x1000** date su u tabeli 1.

*Tabela 1. Tehničke karakteristike čeličnog panelnog radijatora tip **THERMOKRAFT 22-600x1000***

Karakteristike	THERMOKRAFT 22-600x1000
Visina radijatora, mm	600
Dužina radijatora, mm	1000
Rastojanje priključaka, mm	550
Širina (debljina) radijatora, mm	102
Dimenzija priključaka	1/2"
Materijal	čelik

5. ODREĐIVANJE TOPLOTNE SNAGE GREJNOG TELA

Određivanje toplotne snage grejnog tela vršeno je prema standardima SRPS EN 442-2:2012 i SRPS M.E5.100, a šema instalacije prikazana je na slici 1.

Toplotna snaga prema SRPS M.E5.100 određuje se na osnovu izraza:

$$\Phi = m_w c_w (t_1 - t_2) \quad (1)$$

gde je:

m_w - protok vode, kg/s

t_1 - temperatura vode na ulazu u grejno telo, °C

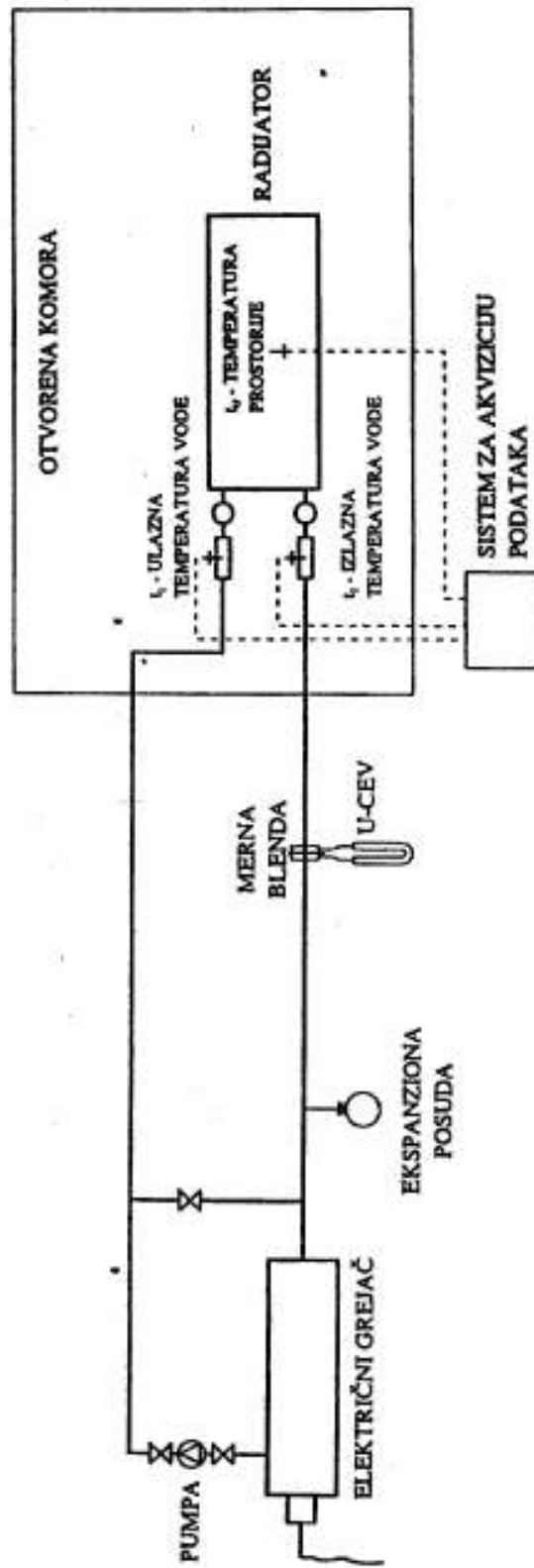
t_2 - temperatura vode na izlazu iz grejnog tela, °C

Maseni protok vode određivan je standardnom mernom blendom prema DIN 1952. Pad pritiska u blendi meren je pomoću U-cevi sa živom. Protok vode određivan je sa tačnošću $\pm 0,5\%$.

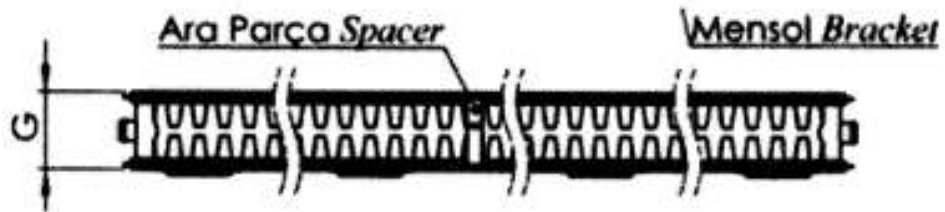
Temperatura vode na ulazu i izlazu iz grejnog tela merena je termoparovima hromel-alumel prečnika 0,2 mm. Temperature su merene sa tačnošću $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

6. OPIS I DIMENZIJE KOMORE ZA ISPITIVANJE GREJNOG TELA

Ispitivanje grejnog tela vrši se u otvorenoj komori, prema standardima SRPS EN 442-2:2012 i SRPS M.E6.083. Šematski prikaz otvorene komore za ispitivanje dat je na slici 2. Unutrašnje dimenzije otvorene komore iznose: dužina 2,5 m, širina 1,5 m i visina 2,5 m.



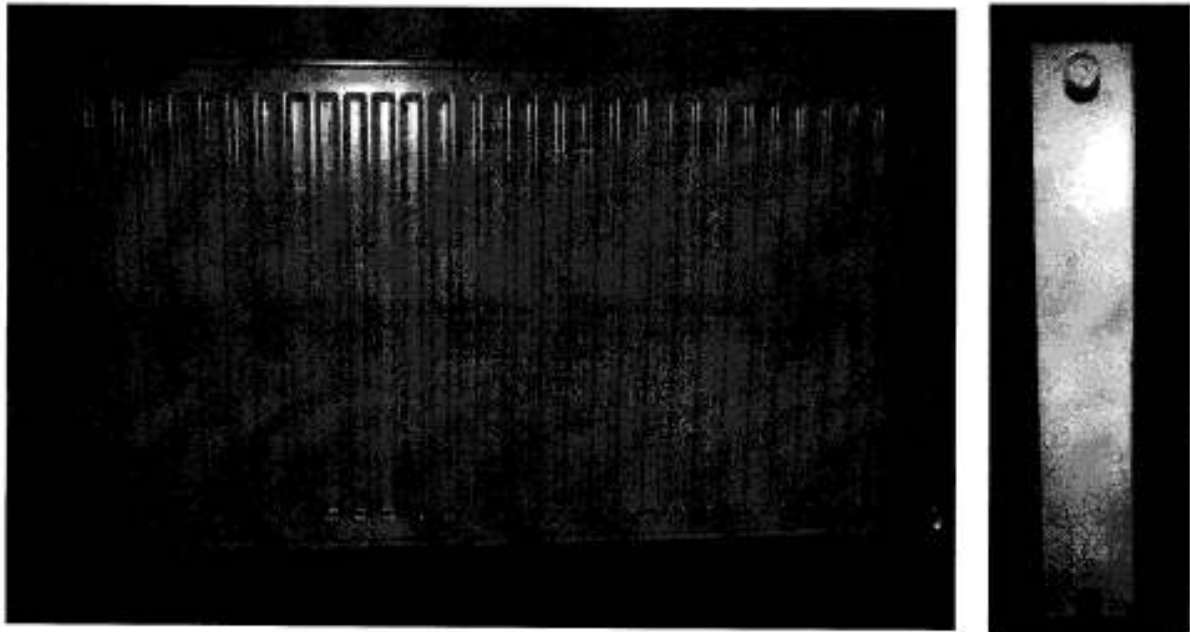
Sl.1. Šema eksperimentalne instalacije za ispitivanje grejnih tela



Tip 22

Karakteristike radijatora THERMOKRAFT	22-600x1000
Visina čeličnog panelnog radijatora, H	600 mm
Rastojanje priključaka, H-50	550 mm
Širina (debljina) panelnog radijatora, G	102 mm
Dimenzija priključaka	1/2"

Sl. 3. Dimenzije čeličnog panelnog radijatora tip *THERMOKRAFT 22-600x1000*



Sl. 4. Čelični panelni radijator tip *THERMOKRAFT 22-600x1000*

8. POSTAVLJANJE GREJNOG TELA U KOMORI ZA ISPITIVANJE

Grejno telo se u komori za ispitivanje (SRPS M.E6.081) postavlja paralelno jednom zidu u ravni njegove vertikalne simetrije u unutrašnjosti komore za ispitivanje. Slobodan prostor između ledne površine grejnog tela, koja odaje toplotu, i susednog zida komore za ispitivanje iznosi $0,05 \pm 0,005$ m. Slobodan prostor između grejnog tela i poda komore za ispitivanje iznosi 0,10-0,12 m. Povezivanje sa dovodnim i odvodnim cevnim vodovima izvedeno je onako kako konstrukcija grejnog tela zahteva. Grejna tela se oslanjaju i učvršćuju pomoću elemenata koje normalno isporučuje proizvođač, pri čemu su ispunjeni svi navedeni uslovi. Grejno telo koje je ispitivano obojeno je belom bojom.

9. MERENJA U KOMORI ZA ISPITIVANJE

Prilikom ispitivanja vršena su merenja sledećih veličina (SRPS M.E6.081):

1. Merenje temperature vazduha u unutrašnjosti komore i to u referentnoj tački sa tačnošću od $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, a u drugim tačkama sa tačnošću $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Merenja temperature vršena su termoparovima hromel-alumel prečnika 0,2 mm, kao i baždarenim živinim termometrima čije je pokazivanje $0,1^{\circ}\text{C}$ ili $0,2^{\circ}\text{C}$.

Temperatura vazduha u komori za ispitivanje merena je:

1.1 na centralnoj vertikali unutrašnje komore i to:

a) u referentnoj tački na 0,75 m od poda,

b) u četiri tačke : - na 0,05 m od poda,

- na 0,50 m od poda,

- na 1,50 m od poda,

- na 0,05 m od plafona,

1.2 na dve vertikale na 1 m rastojanja od dva susedna zida u četiri tačke (dve na svakoj vertikali):

- na 0,75 m od poda

- na 1,50 m od poda

Na slici 5 prikazan je odgovarajući raspored tačaka merenja temperatura (u perspektivi) utvrđenih u standardima SRPS M.E6.080 i SRPS M.E6.081.

2. Relativna vlažnost vazduha u unutrašnjoj komori

3. Barometarski pritisak, sa tačnošću ± 1 mbar.

Za prikupljanje i obradu podataka korišćen je sistem za akviziciju Hewlett-Packard.

10. DOVOĐENJE U STACIONARNO STANJE

Ispitivanje grejnog tela vršeno je toplom vodom prema standardima SRPS EN 442-2:2012, SRPS M.E6.080 i SRPS M.E6.081 u stacionarnim uslovima. Grejno telo se postepeno zagreva i dovodi u stacionarno stanje. Pri svakom ispitivanju, nakon uspostavljanju stacionarnog stanja, čije je trajanje bilo najmanje 1 čas, u jednakim vremenskim razmacima od najviše 10 min vršeno je registrovanje svih potrebnih veličina:

- pad pritiska u blendi,

- temperatura nosioca toplote na ulazu u grejno telo,

- temperatura nosioca toplote na izlazu iz grejnog tela,,

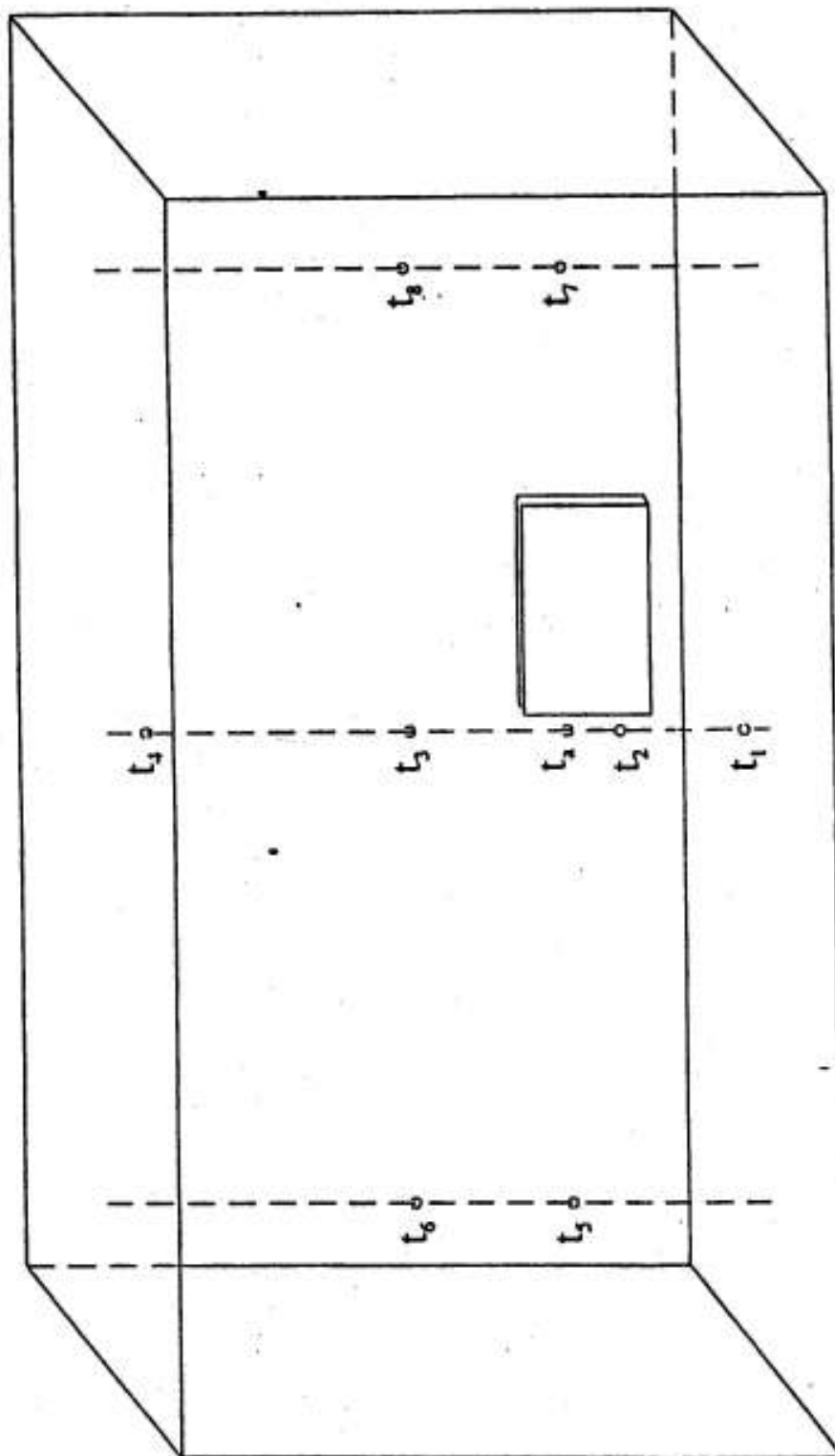
- temperature vazduha u komori za ispitivanje.

Izvršena su po 3 ispitivanja za sledeće srednje temperature grejnog fluida u grejnom telu:

$50 \pm 5^{\circ}\text{C}$

$65 \pm 5^{\circ}\text{C}$

$80 \pm 3^{\circ}\text{C}$



Sl.5. Raspored tačaka merenja temperature u komori

Ispitivanja su vršena pri stalnom protoku sa dozvoljenim odstupanjima $\pm 2\%$, a protok je biran na takav način da je pad temperature u grejnom telu 20 ± 2 °C kada se ispitivanje vrši na 80 °C.

Rezultati merenja dati su u tabeli 2.

Toplotna snaga merena u najmanje tri tačke (za tri različita temperaturna režima) izražava se prema standardima SRPS EN 442-2:2012 i SRPS M.E6.082 u obliku:

$$\Phi = K_m (t_{sr} - t_a)^n = K_m \Delta t^n \quad (2)$$

gde je:

t_{sr} - srednja temperatura grejnog fluida, °C; $t_{sr} = 0,5 (t_1 + t_2)$

t_a - referentna temperatura vazduha u komori, °C

K_m - koeficijent toplotne snage radijatora

n - eksponent toplotne snage

K_m i n - koeficijenti koji se dobijaju iz zavisnosti $\log\Phi=f(\log(t_{sr}-t_a))=f(\log\Delta t)$.

11. REZULTATI MERENJA

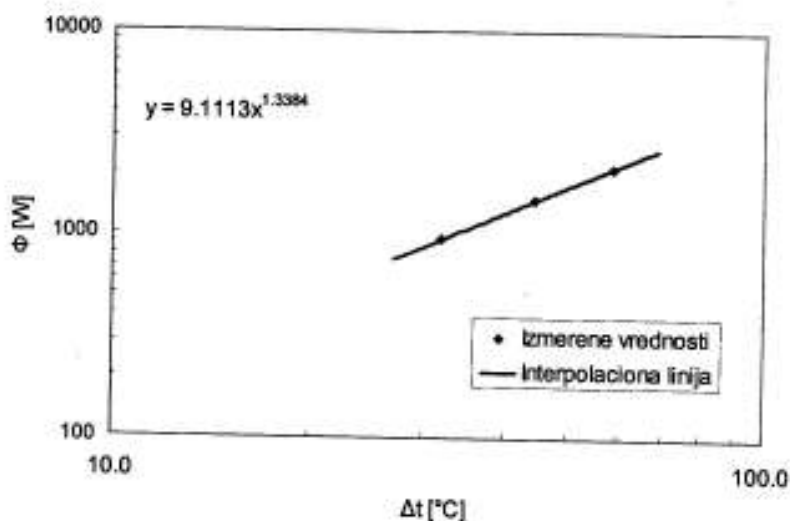
Rezultati merenja prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Srednje vrednosti dobijene ispitivanjem čeličnog panelnog radijatora tip **THERMOKRAFT 22-600x1000**

Režim	$m \cdot 10^3$ kg/s	t_1 °C	t_2 °C	t_{sr} °C	c_p J/kg°C	$t_1 - t_2$ °C	Φ W	t_a °C	$t_{sr} - t_a$ °C
1	27,46	56,33	48,08	52,21	4175	8,25	946	20,10	32,11
2	27,46	71,21	58,38	64,80	4183	12,83	1474	20,10	44,70
3	27,46	88,26	69,76	79,01	4195	18,50	2131	20,10	58,91

U toku merenja barometarski pritisak iznosio je 995 mbar, a relativna vlažnost vazduha 65%.

Na osnovu rezultata merenja, prikazanih u tabeli 2, nacrtana je zavisnosti $\Phi=f(\Delta t)$ u $\log\Phi$ - $\log\Delta t$ koordinatnom sistemu, slika 6. Na osnovu tih podataka određene su vrednosti koeficijenata K_m i n , kao i nazivna toplotna snaga ispitivanog grejnog tela za toplovodni režim grejanja 90/70 °C i unutrašnju projektnu temperaturu 20°C, što je prikazano u tabeli 3.



Sl. 6. Zavisnost $\Phi=f(\Delta t)$ za panelni radijator tip **THERMOKRAFT 22-600x1000**

Tabela 3. Karakteristike čeličnog panelnog radijatora tip THERMOKRAFT 22-600x1000

Karakteristike	THERMOKRAFT 22-600x1000
Nazivna toplotna snaga radijatora, za $\Delta t=60$ °C, W	2185
Nazivna toplotna snaga radijatora, za $\Delta t=50$ °C, W	1712
Koeficijent toplotne snage radijatora, Km	9,1113
EkspONENT toplotne snage, n	1,3384
Nominalni protok vode kroz radijator za $\Delta t=60$ °C, kg/s	$26,04 \cdot 10^{-3}$
Masa radijatora, kg	

12. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenog pregleda i obavljenih merenja došlo se do sledećih zaključaka:

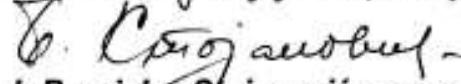
- konstrukcija grejnog tela je takva da u uslovima ispitivanja nigde nisu nastale trajne deformacije ili bilo kakava oštećenja pojedinih elemenata,
- svi elementi ispitivanog grejnog tela su tako spojeni da u toku ispitivanja nije došlo do deformacija,
- grejno telo je ispitano na hladni vodeni pritisak od 13 bar i tom prilikom nisu primećene nikakve trajne deformacije,

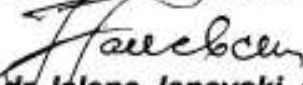
Na osnovu svega napred izloženog može se zaključiti da ispitivano grejno telo model THERMOKRAFT, tip THERMOKRAFT 22-600x1000, proizvođača "PEKSA GROUP" – TURSKA, u svemu odgovara svojoj osnovnoj nameni, tako da se može koristiti kao uređaj za zagrevanja prostorija u instalacijama centralnog grejanja sa vodom kao nosiocem toplote.

Niš, 25.07.2014.

ISPITIVANJE IZVRŠILI:


dr Mladen M. Stojilković, red. prof.


dr Branimir Stojanović, van. prof.


dr Jelena Janevski, docent


dr Dejan Mitrović, docent

PRILOG 1

**ODAVANJE TOPLOTE ČELIČNIH PANELNIH RADIJATORA,
model THERMOKRAFT, tip THERMOKRAFT 22-600,
ZA RAZLIČITE TEMPERATURNE RAŽIME**

Odavanje toplote čeličnih panelnih radijatora model THERMOKRAFT, tip THERMOKRAFT 22-600, za dužine 400÷3000 mm i različite temperaturne režime dati su u tabeli 4.

Tabela 4. Odavanje toplote čeličnih panelnih radijatora, model THERMOKRAFT, tip THERMOKRAFT 22-600, za dužine 400÷3000 mm i različite temperaturne režime, (W)

Dužina	90/70/20 °C, $\Delta t_n=60$ °C	75/65/20 °C, $\Delta t=50$ °C
L (mm)	Φ (W)	Φ (W)
400	874	685
500	1093	856
600	1311	1027
700	1530	1198
800	1748	1370
900	1967	1541
1000	2185	1712
1100	2404	1883
1200	2622	2054
1300	2841	2225
1400	3059	2397
1500	3278	2568
1600	3496	2739
1700	3715	2910
1800	3933	3081
1900	4152	3253
2000	4370	3424
2200	4807	3766
2400	5244	4109
2600	5681	4451
2800	6118	4793
3000	6555	5136

Napomena:

Vrednosti za koeficijent toplotne snage K_m , ($K_m=9,1113$) i eksponent toplotne snage n ($n=1,3384$) određene eksperimentalnim putem za čelični panelni radijator tip THERMOKRAFT 22-600x1000, korišćene su i pri određivanju toplotne snage i za ostale dužine ovog tipa panelnog radijatora navedenih u tabeli 4. U tabeli 4 date su vrednosti za toplotnu snagu (odavanje toplote) za sve navedene dužine ovog tipa radijatora.

Toplotna snaga za uslove različite od nominalnih, tj. za režim 75/65/20 ($\Delta t=50$ °C), određivana je korišćenjem izraza:

$$\Phi = \Phi_n (\Delta t / \Delta t_n)^n$$

gde je:

Φ_n – nazivna toplotna snaga radijatora za nominalne uslove (temperatura vode 90/70 °C i temperatura u prostoriji 20 °C),

Φ – toplotna snaga radijatora za druge temperaturne uslove rada, različite od nominalnih,

Δt – srednja razlika temperature, koja se određuje na osnovu izraza:

$$\Delta t = (t_n + t_p) / 2 - t_u$$

t_n – temperatura vode na ulazu u radijator (napojne vode),

t_p – temperatura vode na izlazu iz radijatora (povratne vode),

t_u – unutrašnja projektana temperatura,

Δt_n – srednja razlika temperatura za nominalne uslove (u ovom slučaju je: $t_n=90$ °C, $t_p=70$ °C i $t_u=20$ °C) i iznosi $\Delta t_n=60$ °C,

Δt – srednja razlika temperatura za uslove koji su različiti od nominalnih,

PRILOG 2
ODAVANJE TOPLOTE ČELIČNIH PANELNIH RADIJATORA,
 model THERMOKRAFT, tip THERMOKRAFT 22-600,
ZA RAZLIČITE UNUTRAŠNJE TEMPERATURE

Odavanje toplote čeličnih panelnih radijatora model THERMOKRAFT, tip THERMOKRAFT 22-600, dužina 400÷3000 mm, za temperaturni režim 90/70 i različite unutrašnje temperature dato je u tabeli 5.

Tabela 5. Odavanje toplote radijatora model THERMOKRAFT, tip THERMOKRAFT 22-600, dužina 400÷3000 mm, za temperaturni režim 90/70 °C i različite unutrašnje temperature, (W)

Odavanje toplote radijatora THERMOKRAFT 22-600, za temperaturni režim 90/70 °C i različite unutrašnje temperature, (W)					
Dužina	Unutrašnja projektna temperatura, tu (°C)				
mm	15	18	20	22	24
400	973	913	874	835	797
500	1216	1142	1093	1044	996
600	1459	1370	1311	1253	1195
700	1702	1598	1530	1462	1395
800	1946	1826	1748	1670	1594
900	2189	2055	1967	1879	1793
1000	2432	2283	2185	2088	1992
1100	2675	2511	2404	2297	2191
1200	2918	2740	2622	2506	2391
1300	3162	2968	2841	2714	2590
1400	3405	3196	3059	2923	2789
1500	3648	3425	3278	3132	2988
1600	3891	3653	3496	3341	3188
1700	4135	3881	3715	3550	3387
1800	4378	4109	3933	3759	3586
1900	4621	4338	4152	3967	3785
2000	4864	4566	4370	4176	3985
2200	5351	5023	4807	4594	4383
2400	5837	5479	5244	5011	4781
2600	6323	5936	5681	5429	5180
2800	6810	6392	6118	5847	5578
3000	7296	6849	6555	6264	5977

Napomena:

Preračunavanje toplotne snage za temperaturne uslove različite od nominalnih vrši se na osnovu izraza

$$\Phi = \Phi_n (\Delta t / \Delta t_n)^n$$

gde je:

Φ_n – nazivna toplotna snaga radijatora za nominalne uslove (temperatura vode 90/70 °C i temperatura u prostoriji 20 °C),

Φ – toplotna snaga radijatora za druge temperaturne uslove rada, različite od nominalnih,

Δt – srednja razlika temperature, koja se određuje na osnovu izraza:

$$\Delta t = (t_n + t_p) / 2 - t_u$$

t_n – temperatura vode na ulazu u radijator (napojne vode),

t_p – temperatura vode na izlazu iz radijatora (povratne vode),

t_u – unutrašnja projektna temperatura,

Δt_n – srednja razlika temperatura za nominalne uslove (u ovom slučaju je: $t_n=90$ °C, $t_p=70$ °C i $t_u=20$ °C) i iznosi $\Delta t_n=60$ °C,

Δt – srednja razlika temperatura za uslove koji su različiti od nominalnih,

n – eksponent toplotne snage radijatora.