

УДК 697.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ РАДИАТОРА ТОРГОВОЙ МАРКИ «ТЕРМАЛ» (ПРОИЗВОДСТВА ОАО «ЗЛАТМАШ»)

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THERMAL POWER RADIATOR TRADEMARKS "THERMAL" (JSC "ZLATMASH" PRODUCTION)

Кабакوف Алексей Евгеньевич, магистрант каф. «Теплоэнергетика и теплотехника», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: purvom1@gmail.com, Тел.: +7(900)210-78-81

Сапожников Борис Георгиевич, д-р. техн. наук, профессор каф. «Теплоэнергетика и теплотехника», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: bgs0910@mail.ru. Тел.: +7(912)606-55-80

Alexey E. Kabakov, Master student, Department «Теплоэнергетика и теплотехника», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: purvom1@gmail.com, Ph.: +7(900)210-78-81

Boris G. Sapozhnikov, Doctor Sc., Prof, Department «Теплоэнергетика и теплотехника», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: bgs0910@mail.ru. Ph.: +7(995)019-49-80

Аннотация: Приводятся экспериментальные данные о тепловой мощности радиатора Торговой Марки «ТЕРМАЛ», свидетельствующие о перспективности их применения в качестве бытовых радиаторов для отопления гражданских и служебных помещений.

Abstract: The experimental data on the heat capacity of the radiator Trademark "Thermal", indicating the prospect of their use as domestic heating radiators for civil and office space.

Ключевые слова: Бытовой радиатор, теплоотдача в трубах, свободная конвекция, вертикальные ребра.

Key words: Household radiator, the heat transfer in the tubes, the free convection, the vertical ribs

Представители ОАО «Златмаш» обратились с просьбой экспериментально оценить тепловую мощность радиатора «ТЕРМАЛ» с перспективой его дальнейшего совершенствования. Ниже приводится подробное описание экспериментальной установки и методики исследования, оценка тепловых потерь, результаты исследования и их анализ.

1. Описание экспериментальной установки и методики исследования:

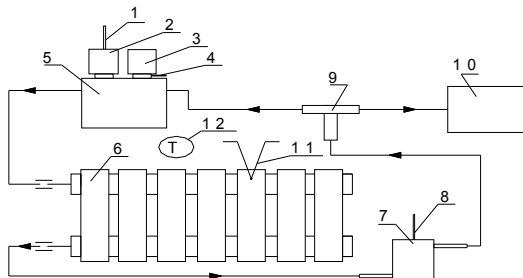


Рис.1. Схема испытательного стенда: 1 – термометр термостата; 2 – встроенный

подогреватель термостата с регулятором температуры; 3 – встроенный насос термостата; 4 – регулятор подачи воды из термостата; 5 – корпус термостата; 6 – испытуемый радиатор; 7 – бак-смеситель; 8 – термометр воды на выходе из радиатора; 9 – трехходовой кран; 10 – мерный бак; 11 – термопара; 12 – термометр

На рис.1 представлена упрощенная схема действующей установки с подачей воды сверху. Стенд позволяет оценить тепловую мощность существующего радиатора.

При помощи подогревателя 2 вода нагревается в термостате 5 до установленной температуры $t_{вх}$, фиксируемой термометром 1. Затем вода насосом 3 подается в испытуемый радиатор 6, где отдает часть тепла окружающему воздуху, температура которого $t_{возд}$ поддерживается на уровне 20°C и измеряется термометром 12. Далее вода поступает в бак-смеситель 7, где термометром 8 измеряется температура воды на выходе $t_{вых}$ из радиатора. Замеры расхода воды осуществляются в начале и в конце каждого опыта при достижении системы

стационарного режима методом мерного бака (см. поз 10). Максимальная температура воды поддерживается не выше 70⁰С, а температура воздуха в помещении – на уровне 20⁰С. Расход воды G регулировался при помощи регулятора подачи воды из термостата 4. Кроме того, в опытах измерялась температура на лицевой поверхности ребра радиатора (t_{СТ.Н} – температура наружной поверхности лицевого ребра в пяти сантиметрах от верхней центральной точки 4-й секции по вертикали) при помощи термопары медь-константан 11. Погрешность определения искомой величины определялась по формуле

$$100 \sqrt{\left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \tau}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t_{\text{ВХ}}}{t_{\text{ВХ}} - t_{\text{ВЫХ}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t_{\text{ВЫХ}}}{t_{\text{ВХ}} - t_{\text{ВЫХ}}}\right)^2}, \quad (1)$$

где ΔV=39миллилитров; Δτ=2с; Δt_{ВХ}=Δt_{ВЫХ}=0,1⁰С. Условия испытаний: температура теплоносителя 70±5⁰С, температура воздуха 20±2⁰С, число секций радиатора – 7 штук.

2. Оценка тепловых потерь

Для получения искомого значения тепловой мощности существующего радиатора требуется оценка тепловых потерь от подводящих и отводящих трубок и бака-смесителя. Принимаем, что температура наружных стенок трубок и бака-смесителя составляет t_{СТ2}=65⁰С. Температура воздуха по-прежнему принимается t_{Ж2}=20⁰С. Коэффициент кинематической вязкости находится по определяющей температуре воздуха t_{В,0} = 42,5⁰С, ν = 17,2·10⁻⁶м²/с; β = 0,00317 $\frac{1}{\text{К}}$. Наружный диаметр трубок d₁=0,024 м, наружный диаметр бака-смесителя d₂ = 0,09 м, его высота h_{см} = 0,12 м.

Произведение Gr·Pr для подводящих и отводящих трубок в условиях опытов составило

$$Gr_1 Pr = \frac{g\beta(t_{c2}-t_b)d_1^3}{\nu^2} Pr = \frac{9.81 \cdot 0.00317(65-20)0.024^3}{(17.2 \cdot 10^{-6})^2} = 0.698 = 4,56 \cdot 10^4 \quad (2)$$

для бака-смесителя

$$Gr_1 Pr = \frac{g\beta(t_{c2}-t_b)h_{см}^3}{\nu^2} Pr = \frac{9.81 \cdot 0.00317(65-20)0.12^3}{(17.2 \cdot 10^{-6})^2} = 0.698 = 5.7 \cdot 10^6, \quad (3)$$

В обоих случаях 500<Gr·Pr<2·107, следовательно, режим свободной конвекции ламинарный, поэтому

$$Nu_1 = 0,54(Gr_1 Pr)^{0,25} = 0,54(4,56 \cdot 10^4)^{0,25} = 7,89, \quad (4)$$

для бака-смесителя:

$$Nu_2 = 0,54(Gr_2 Pr)^{0,25} = 0,54(5,7 \cdot 10^6)^{0,25} = 26,4; \quad (5)$$

Отсюда коэффициенты теплоотдачи составляли соответственно:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \lambda}{d_1} = \frac{7,89 \cdot 0,0278}{0,024} = 9,13 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}; \quad (6)$$

для подводящих трубок:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \lambda}{h_{см}} = \frac{26,4 \cdot 0,0278}{0,12} = 6,11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}; \quad (7)$$

Площади поверхностей теплообмена трубок и бака соответственно составляют

$$F_1 = \pi d_1 l = 3,14 \cdot 0,024 \cdot 1,5 = 0,113 \text{ м}^2 \quad (8)$$

$$F_2 = \pi d_2 h + \pi \left(\frac{d_2}{2}\right)^2 = 3,14 \cdot 0,09 \cdot 0,12 + 3,14 \left(\frac{0,09}{2}\right)^2 = 0,04 \text{ м}^2 \quad (7)$$

Для учета излучения использовался коэффициент теплоотдачи излучением

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{\epsilon C_0 \left[\left(\frac{t_{c2} + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_b + 273}{100}\right)^4 \right]}{t_{c2} - t_b} = \frac{0,95 \cdot 5,67 \left[\left(\frac{65 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100}\right)^4 \right]}{65 - 20} = 6,73 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}; \quad (8)$$

Потери тепла от трубок

$$Q_1 = (\alpha_{\text{л}} + \alpha_1)(t_{\text{СТ2}} - t_{\text{Ж2}})F_1 = (6,73 + 9,13)(65 - 20)0,113 = 80,6 \text{ Вт}; \quad (9)$$

от бака-смесителя

$$Q_2 = (\alpha_{\text{л}} + \alpha_2)(t_{\text{СТ2}} - t_{\text{Ж2}})F_2 = (6,73 + 6,11)(65 - 20)0,04 = 23,1 \text{ Вт}; \quad (10)$$

Тепловые потери установки

$$Q_{\text{Пот}} = Q_1 + Q_2 = 80,6 + 23,1 = 103,7 \text{ Вт} \quad (11)$$

3. Результаты исследований и их анализ

Значения считывались с приборов и заносились в таблицы при установлении стационарного режима.

Таблица 1

Наименование	Расход воды	Температура наружного воздуха	Температура воды на входе в радиатор	Температура воды на выходе из радиатора
Обозначение	G	t _{возд}	t _{вх}	t _{вых}
Единица измерения	кг/с	°С	°С	°С
№ опыта				
1	0,0882	20,0	70,0	67,5
2	0,0880	20,0	70,0	67,5
3	0,0750	20,0	70,0	67,0
4	0,0750	26,0	70,0	67,9
5	0,0655	21,5	70,2	69,9
6	0,0580	26,0	70,0	67,2
7	0,0566	20,0	70,2	66,7

Ниже приведен расчет для опыта № 1 (таблица 1):
Разность температур до и после радиатора:

$$\Delta t = t_{вх} - t_{вых} = 70,0 - 67,5 = 2,5^{\circ}\text{C} \quad (12)$$

Тепловая мощность радиатора вместе с тепловыми потерями:

$$Q_{\text{общрад}} = G \cdot C_p \cdot \Delta t = 0,0882 \cdot 4189 \cdot 2,5 = 924 \text{ Вт}, \quad (13)$$

а с учетом тепловых потерь $Q_{\text{рад}} = 820 \text{ Вт}$.

Полученные значения для всех опытов сведены в таблицу 2.

Расчет погрешности определения тепловой мощности радиатора для опыта № 1:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = 100 \sqrt{\left(\frac{39 \cdot 10^{-6}}{0,003}\right)^2 + \left(\frac{2}{33}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{70,0 - 67,5}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{70,0 - 67,5}\right)^2} = 8,4\% \quad (14)$$

Таблица 2

Расчетные величины

Наименование	Расход воды	Температура наружного воздуха	Разность температур на входе и на выходе из радиатора	Мощность радиатора
Обозначение	G	t _{возд}	Δt	Q
Единица измерения	кг/с	°С	°С	Вт
№ опыта				
1	0,0882	20	2,5	924
2	0,088	20	2,5	922
3	0,075	20	3	942
7	0,0566	20	3,5	830

Тепловая мощность радиатора с учетом погрешности и потерь тепла в системе по данным опыта № 1 равна $820 \pm 69 \text{ Вт}$.

Для одной секции $117 \pm 9,8 \text{ Вт}$.

Полученные данные свидетельствуют о достаточно высокой тепловой мощности рассмотренного радиатора «Термаль».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. М.: Энергия, 1981. 415 с.
- Сапожников Б.Г. Совершенствование бытовых алюминиевых радиаторов водяного отопления / Б.Г. Сапожников, А.Ф. Пелевин. Научн.-техн. семинар «Проблемы и достижения в промышленной энергетике». Энергетика и электротехника. 1-ая специализированная выставка. Екатеринбург: Выставочное общество «Уральские выставки». 2001. С. 30.