

### Методика оценочного расчета тепловых параметров применительно к радиаторам водяного отопления

В предыдущем номере журнала «Мир климата» была представлена методика оценочного расчета тепловых параметров водяных завес. В соответствии с ней мощность воздушной завесы с водяным теплообменником с хорошей степенью точности определяется значением температуры воды на выходе теплообменника  $T_W^X$  и практически не зависит от температуры воды на входе в теплообменник  $T_W^Г$ :

$$W \approx 4,2 \times C_K \times (T_W^X - T_A) . \quad (1)$$

Здесь  $W$  — тепловая мощность завесы, кВт;  $T_A$  — температура окружающего воздуха, °C; 4,2 — произведение теплоемкости воды на плотность воды,  $\frac{\text{кДж}}{\text{л} \times ^\circ\text{C}}$ ;  $C_K$  — близкая к постоянной величина размерности л/с, характеризующая теплообменник при некотором фиксированном расходе воздуха.

Величина  $C_K$  имеет достаточно простой физический смысл. При расходе воды через теплообменник  $G_W$ , численно равном значению  $C_K$ , температура воды на выходе теплообменника  $T_W^X$  установится посередине между исходными температурами теплообменных сред: воды на входе в теплообменник ( $T_W^Г$ ) и окружающей среды ( $T_A$ ).

Указанный подход может быть применим и для определения параметров водяных тепловых пушек и водяных тепловентиляторов, поскольку они несильно отличаются от водяных воздушных завес по принципу действия: и здесь и там мы имеем дело с водяным теплообменником, обдуваемым воздушным потоком. Однако на недавнем совещании по вопросам верификации в АПИК технический директор предприятия «Рустропик» А. В. Пухов предположил, что указанная методика в той или иной мере может применяться и к радиаторам водяного отопления, несмотря на то что у них нет принудительного обдува, а съем тепла осуществляется с помощью естественной конвекции. Дело в том, что применяющийся в настоящее время подход к расчету тепловой мощности радиаторов при некоторых произвольных условиях (параметрах системы) громоздок и сложен.

### Assessment methodology of calculation of thermal parameters in relation to water radiators

In the previous issue of the journal "Climate World" was introduced the method of approximate estimation of thermal parameters of water curtains. In accordance with this the heat output of the air curtain with water heat exchanger with a good degree of accuracy is determined by the temperature of the water at the outlet  $T_W^X$ , and is almost independent of the water temperature at the inlet to the heat exchanger  $T_W^Г$ :

$$W \approx 4,2 \times C_K \times (T_W^X - T_A) . \quad (1)$$

Here  $W$  - heat output of the curtain, kW;  $T_A$  - ambient air temperature, °C, 4.2 - a product of the specific heat of water on the density of water,  $\frac{\text{kJ}}{\text{l} \times ^\circ\text{C}}$ ;  $C_K$  - close to a constant value dimension l/s characterizing the heat exchanger at a fixed flow rate of air.

The value  $C_K$  has a fairly simple physical meaning. When water flow through the heat exchanger  $G_W$ , numerically equal to the value  $C_K$ , the water temperature at the outlet  $T_W^X$  be set midway between the initial temperatures of the heat exchange mediums: water at the inlet to the heat exchanger ( $T_W^Г$ ) and the ambient air ( $T_A$ ). The above approach can be applied for determining the parameters of thermal water guns and water heaters, since they do not differ much from the air curtains with the water heat exchangers on the principle of action: and here and there we are dealing with a water heater, blow round by air flow. However, at a recent meeting on the verification in APIC technical director "Rustropik" A. Pukhov suggested that this technique to some extent can be used for hot-water heating radiators, despite the fact that they do not have forced air flow, and the removal of the heat is supplied by convection. The fact that the applied current approach to calculating the heat output of radiators in some arbitrary conditions (system settings) is cumbersome and complicated.

For example, the guidelines on the application of sectional aluminum radiators is proposed to calculate the

Например, в рекомендациях по применению алюминиевых секционных радиаторов предлагается рассчитывать тепловую мощность радиатора системы водяного отопления с помощью следующей формулы:

$$W = W_{HY} \times \left( \frac{T_W^r + T_W^x}{2} - T_A \right)^{1+n} \times c \times \left( \frac{G_W}{0,1} \right)^m \times b \times \beta, \quad (2)$$

где  $W_{HY}$  — номинальный тепловой поток радиатора при нормальных условиях, кВт;  $G_W$  — расход теплоносителя через радиатор, л/с;  $n$  и  $m$  — эмпирические показатели степени (принимаются по таблицам);  $c$ ,  $b$  и  $\beta$  — поправочные коэффициенты (принимаются по таблицам).

Следует отметить, что расход воды через радиатор  $G_W$  и температура воды на выходе радиатора  $T_W^x$  являются взаимозависимыми величинами и не могут устанавливаться произвольно: чем выше расход воды через радиатор, тем ближе значение температуры воды на выходе радиатора к значению температуры воды на входе радиатора и наоборот. То есть выражение (2) оказывается переопределенным. К тому же если известны значения температур воды на входе и выходе радиатора и расход воды через радиатор, то тепловую мощность радиатора проще получить из уравнения теплового баланса:

$$W = 4,2 \times G_W \times (T_W^r - T_W^x). \quad (3)$$

Если же неизвестна температура воды на выходе радиатора либо неизвестен расход воды через радиатор, то формула (2) оказывается бесполезной. Мы решили исследовать, в какой мере изложенная ранее методика оценочного расчета тепловых параметров водяных завес может быть применима к радиаторам водяного отопления. Настоящая статья носит лишь оценочный характер и не претендует на полноту описания тепловых процессов в радиаторах воздушного отопления.

heat output of the hot-water sectional aluminum radiators using the following formula:

$$W = W_{HY} \times \left( \frac{T_W^r + T_W^x}{2} - T_A \right)^{1+n} \times c \times \left( \frac{G_W}{0,1} \right)^m \times b \times \beta, \quad (2)$$

where  $W_{HY}$  - nominal heat flow of the radiator under normal conditions, kW;  $G_W$  - coolant flow through the radiator, l/s;  $n$  and  $m$  - empirical exponents (taken from the tables);  $c$ ,  $b$  and  $\beta$  - correction factors (taken from the tables).

It should be noted that the water flow through the radiator  $G_W$  and water temperature at the radiator outlet  $T_W^x$  are interdependent values and can not be arbitrarily set: the higher the water flow through the radiator, the closer the value of the water temperature at the radiator outlet approaches the value of the water temperature at the radiator inlet and on the contrary. That is, the expression (2) is redefined. Also, if the values of the water temperatures at the inlet and outlet of the radiator and the water flow through the radiator are known, the heat output of the radiator is easier to get from the heat balance equation:

$$W = 4,2 \times G_W \times (T_W^r - T_W^x). \quad (3)$$

If the water temperature at the outlet of the radiator or the water flow through the radiator are unknown, then (2) is useless. We decided to investigate to what extent the methodology outlined previously estimated calculation of thermal parameters of water curtains can be applied to water radiators. This article is only an estimate and does not purport to thermal processes in the radiator air heating.

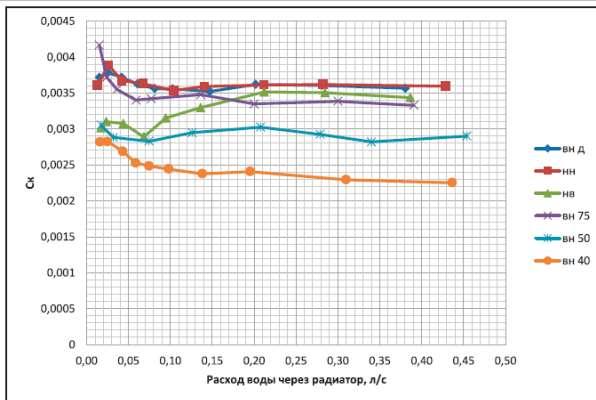


Рис. 1. Значения величины  $C_K$  при различных подключениях радиатора к теплосистеме: 1) вн д — вход сверху, выход снизу по диагонали,  $T_W^Г = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 2) нн — вход снизу, выход снизу,  $T_W^Г = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 3) нв — вход снизу, выход сверху с той же стороны,  $T_W^Г = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 4) вн 75 — вход сверху, выход снизу с той же стороны,  $T_W^Г = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 5) вн 50 — вход сверху, выход снизу с той же стороны,  $T_W^Г = 50$ ,  $T_A = 20$ ; 6) вн 40 — вход сверху, выход снизу с той же стороны,  $T_W^Г = 40$ ,  $T_A = 20$ .

В качестве объекта исследования был взят алюминиевый радиатор «GLOBAL AL ISEO 500» (6 секций). В процессе проведения эксперимента снимались значения температуры воды на входе и выходе радиатора и температуры окружающего воздуха при нескольких значениях расхода воды от 0,4 до 0,015 л/с. По полученным результатам рассчитывалась зависимость величины  $C_K$  от расхода воды через радиатор при нескольких стандартных подключениях радиатора: вход сверху — выход снизу с той же стороны, вход снизу — выход сверху с той же стороны, вход снизу — выход снизу, вход сверху — выход по диагонали снизу. По причинам недостаточной точности проведения замеров очень малых расходов воды на имеющейся экспериментальной установке испытания на расходах воды через радиатор менее 0,015 л/с не проводились. Соответственно, получаемая разность температур воды на входе и выходе радиатора при проведении испытаний не превышала 11 градусов. Полученные результаты указывают, что в некоторых пределах значений температур воды на входе и выходе при малых и средних расходах воды величину  $C_K$  можно приближенно считать постоянной (рис. 1). Однако при значительном изменении температуры воды на входе радиатора значение квазипостоянной величины  $C_K$  существенно изменялось, что, видимо, связано с изменением условий конвекции и сьема тепла с поверхности

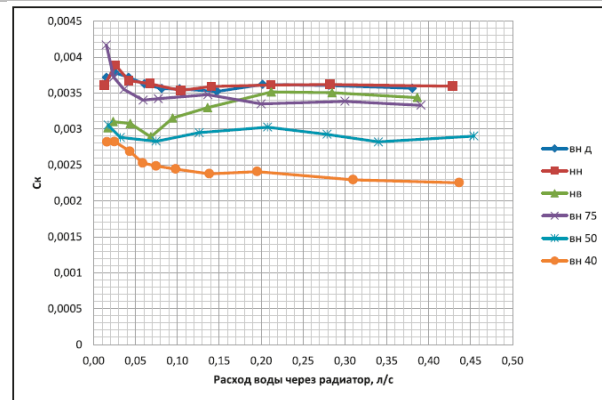


Fig. 1. The values of  $C_K$  at different radiator connections to the heating systems: 1) вн д - input on the top, output on the bottom by diagonal,  $T_W^Г = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 2) нн - input on the bottom, output on the bottom,  $T_W^Г = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 3) нв - input on the bottom, output on the top on the same side,  $T_W^Г = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 4) вн 75 - input on the top, output on the bottom on the same side,  $T_W^Г = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 5) вн 50 - input on the top, output on the bottom on the same side,  $T_W^Г = 50$ ,  $T_A = 20$ ; 6) вн 40 - input on the top, output on the bottom on the same side,  $T_W^Г = 40$ ,  $T_A = 20$ .

The object of investigation was taken aluminum radiator «GLOBAL AL ISEO 500» (6 sections). During the experiment the temperatures were recorded on the water inlet and outlet of the radiator and the ambient air at a flow rate values of 0.4 to 0,015 l/s. According to the results were calculated dependence of  $C_K$  of water flow through the radiator at a standard radiator connections: input on the top, output on the bottom on the same side, input on the bottom, output on the top on the same side, input on the bottom, output on the bottom, input on the top, output on the bottom by diagonal. For reasons of lack of precision of the measurement of very small flows of water on the available research facility tests by water discharge through the radiator least of 0,015 l / s were not carried out. Accordingly, a temperature difference between water inlet and outlet of radiator for testing should not exceed 11 degrees. The results indicate that in some range of water temperatures at the inlet and outlet for small and medium size of water flow rate the value of  $C_K$  can be considered as approximately constant ( Fig. 1). However at any significant change of water temperature at the radiator inlet the value of quasi-permanent  $C_K$  were significantly changed, that is probably due to changes in the conditions of convection

радиатора. В первом приближении можно считать, что  $C_K$  пропорционально корню квадратному разницы температур воды на входе радиатора и окружающего воздуха:

$$C_K \approx C_R \times (T_W^\Gamma - T_A)^{0.5} . \quad (4)$$

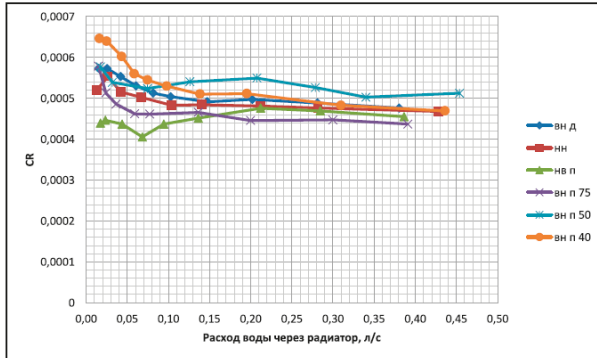


Рис. 2. Значения величины  $C_R$  при различных подключениях радиатора к теплосистеме: 1) вн д — вход сверху, выход снизу по диагонали,  $T_W^\Gamma = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 2) нн — вход снизу, выход снизу,  $T_W^\Gamma = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 3) нв п — вход снизу, выход сверху с той же стороны,  $T_W^\Gamma = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 4) вн п 75 — вход сверху, выход снизу с той же стороны,  $T_W^\Gamma = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 5) вн п 50 — вход сверху, выход снизу с той же стороны,  $T_W^\Gamma = 50$ ,  $T_A = 20$ ; 6) вн п 40 — вход сверху, выход снизу с той же стороны,  $T_W^\Gamma = 40$ ,  $T_A = 20$ .

Появившаяся здесь квазипостоянная величина  $C_R$  фактически определяет теплофизические свойства конкретного радиатора при разных расходах воды и разных температурах воды на входе радиатора. Для исследуемого 6-секционного алюминиевого радиатора «GLOBAL AL ISEO 500» значение величины  $C_R \approx 0,0005$  (рис. 2).

Тогда для приближенной оценки мощности радиатора при неизвестном расходе через радиатор (обычно, когда радиатор уже установлен, сложно замерить расход воды через него, но возможно с некоторой степенью точности определить температуру воды на входе и выходе радиатора) можно применять следующее выражение:

$$W \approx 4,2 \times C_R \times (T_W^X - T_A) \times (T_W^\Gamma - T_A)^{0.5} . \quad (5)$$

and heat removal from the surface of the radiator. In the first approximation, we can assume that  $C_K$  proportionally the square root of the difference in temperature of water on the radiator inlet and ambient air:

$$C_K \approx C_R \times (T_W^\Gamma - T_A)^{0.5} . \quad (4)$$

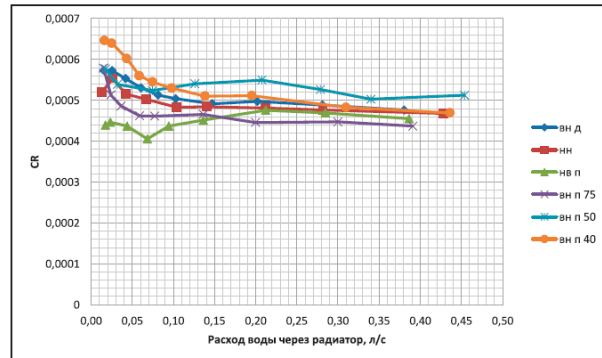


Fig. 2. The values of  $C_R$  at different radiator connections to the heating systems: 1) вн д - input on the top, output on the bottom by diagonal,  $T_W^\Gamma = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 2) нн - input on the bottom, output on the bottom,  $T_W^\Gamma = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 3) нв п - input on the bottom, output on the top on the same side,  $T_W^\Gamma = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 4) вн п 75 - input on the top, output on the bottom on the same side,  $T_W^\Gamma = 75$ ,  $T_A = 20$ ; 5) вн п 50 - input on the top, output on the bottom on the same side,  $T_W^\Gamma = 50$ ,  $T_A = 20$ ; 6) вн п 40 - input on the top, output on the bottom on the same side,  $T_W^\Gamma = 40$ ,  $T_A = 20$ .

Appeared here quasi-permanent value  $C_R$  actually determines the thermal properties of the particular radiator at different water flow rates and different water temperatures at the inlet radiator. From test a 6-sectioned aluminum radiator «GLOBAL AL ISEO 500» value of  $C_R \approx 0,0005$  (Fig. 2).

Then for approximate estimation of the radiator heat output by unknown water flow rate through the radiator (usually when the radiator is installed, it is difficult to measure the water flow rate through it, but it possibly with some degree of accuracy to determine the water temperature at the inlet and outlet of radiator) can be used the following expression:

$$W \approx 4,2 \times C_R \times (T_W^X - T_A) \times (T_W^\Gamma - T_A)^{0.5} . \quad (5)$$

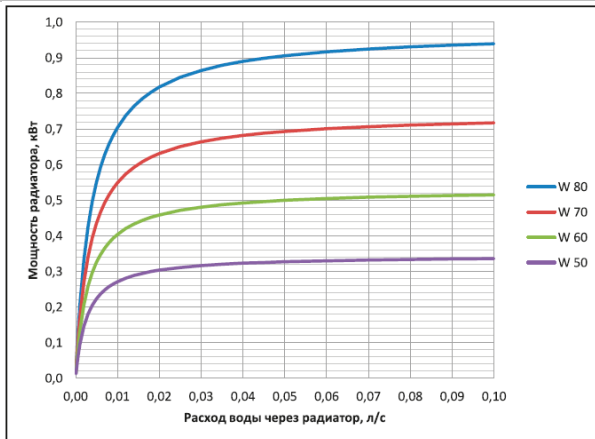


Рис. 3. Зависимость тепловой мощности радиатора от расхода воды через радиатор при четырех значениях температуры воды на входе

Если же, например, при проектировании системы теплоснабжения расход через радиатор задан, но неизвестна температура воды на выходе радиатора, ее значение можно получить исходя из выражений (3) и (5):

$$T_W^X = \frac{G_W \times T_W^I + C_R \times (T_W^I - T_A)^{0.5} \times T_A}{G_W + C_R \times (T_W^I - T_A)^{0.5}}. \quad (6)$$

Мощность радиатора рассчитывается по уравнению теплового баланса (3) (рис. 3).

В заключение хотелось бы отметить, что технический отдел АПИК, на наш взгляд, обладает требуемым лабораторным оборудованием и при необходимости смог бы разработать соответствующую методику и проводить верификацию также и радиаторов водяного отопления.

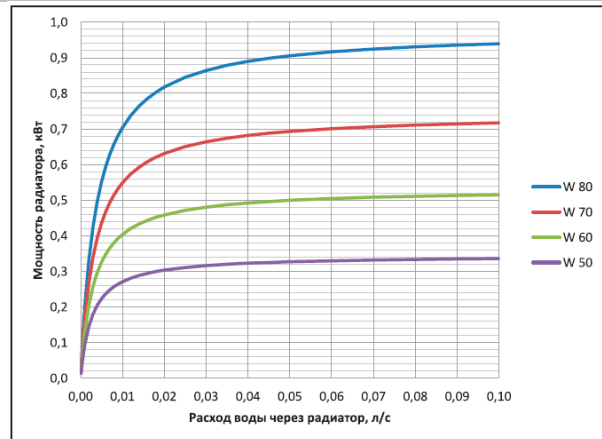


Fig. 3. The dependence of the heat output of the radiator on the water flow through the radiator at four values of the inlet water temperature.

If, for example, when designing the heat supply system the water flow through the radiator is set, but unknown water temperature at the radiator outlet, its value can be derived from the expressions (3) and (5):

$$T_W^X = \frac{G_W \times T_W^I + C_R \times (T_W^I - T_A)^{0.5} \times T_A}{G_W + C_R \times (T_W^I - T_A)^{0.5}}. \quad (6)$$

The heat output of the radiator is calculated by the heat balance equation (3) (Fig. 3).

In conclusion, I would like to note that the technical department of APIC, in our opinion, has the required laboratory equipment and, if necessary would be able to develop an appropriate technique and to carry out the verification of the water radiators.