

С. А. Лысцев, А. В. Азин,
ЗАО «Антарес ПРО»

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^r :

$$W \approx 4,2 \cdot C_k \cdot (T_w^x - T_A). \quad (1)$$

Здесь W — тепловая мощность завесы, кВт; T_A — температура окружающего воздуха, °С; 4,2 — произведение теплоемкости воды на плотность воды, кДж·л⁻¹·°С⁻¹; 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^r) 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 предложил, что указанная методика в той или иной мере может применяться и к радиаторам водяного отопления, несмотря на то что у них нет принудительно 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. Например, в рекомендациях по применению алюми-

ниевых секционных радиаторов предлагается рассчитывать тепловую мощность радиатора системы водяного отопления с помощью следующей формулы:

$$W = W_{ny} \cdot (((T_w^r + T_w^x) / 2 - T_A) / 70)^{1+n} \cdot c \cdot (G_w / 0,1)^m \cdot b \cdot \beta, \quad (2)$$

где W_{ny} — 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 β — 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 приближается 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:

$$W = 4,2 \cdot G_w \cdot (T_w^r - T_w^x). \quad (3)$$

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. 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

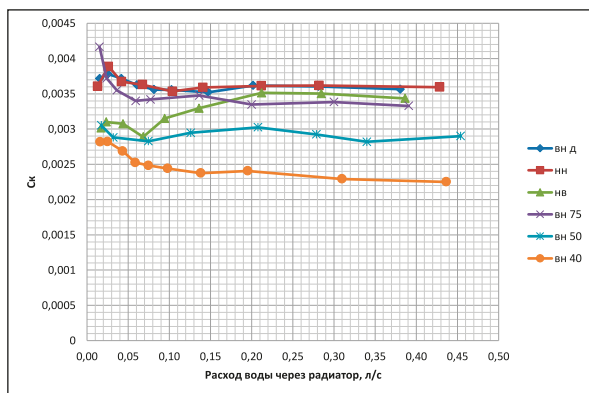


Рис. 1. Значения величины S_k при различных подключениях радиатора к теплосистеме: 1) вн д — вход сверху, выход снизу по диагонали, $T_w^f = 75, T_A = 20$; 2) нн — вход снизу, выход снизу, $T_w^f = 75, T_A = 20$; 3) нв — вход снизу, выход сверху с той же стороны, $T_w^f = 75, T_A = 20$; 4) вн 75 — вход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

результатам рассчитывалась зависимость величины S_k от расхода воды через радиатор при нескольких стандартных подключениях радиатора: вход сверху — выход снизу с той же стороны, вход сверху — выход сверху 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

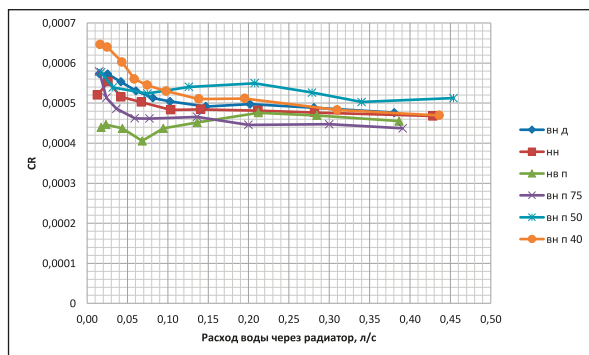


Рис. 2. Значения величины C_R при различных подключениях радиатора к теплосистеме: 1) вн д — вход сверху, выход снизу по диагонали, $T_w^f = 75, T_A = 20$; 2) нн — вход снизу, выход снизу, $T_w^f = 75, T_A = 20$; 3) нв п — вход снизу, выход сверху с той же стороны, $T_w^f = 75, T_A = 20$; 4) вн п 75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

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 схода тепла с поверхности радиатора. В первом приближении можно считать, что C_k пропорционально корню квадратному разности температур воды на входе радиатора и окружающего воздуха:

$$C_k \approx C_R \cdot (T_w^f - T_A)^{0,5}. \quad (4)$$

Появившаяся здесь квазипостоянная величина C_R фактически определяет теплофизические свойства конкретного радиатора при разных расходах воды и разных температурах воды на входе радиатора. Для

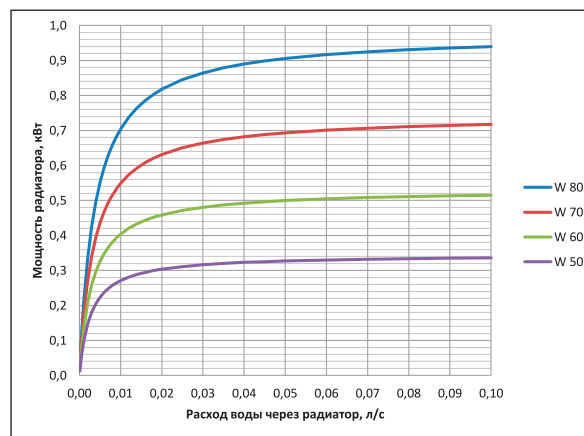


Рис. 3. Зависимость тепловой мощности радиатора от расхода воды через радиатор при четырех значениях температуры воды на входе

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:

$$W \approx 4,2 \cdot C_R \cdot (T_w^x - T_A) \cdot (T_w^f - T_A)^{0,5}. \quad (5)$$

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):

$$T_w^x = (G_w \cdot T_w^f + C_R \cdot (T_w^f - T_A)^{0,5} \cdot T_A) / (C_R \cdot (T_w^f - T_A)^{0,5} + G_w). \quad (6)$$

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.