

Тепловизионный метод определения расхода воды через отопительный прибор

М. В. Павлов, ст. преподаватель ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

Д. Ф. Карпов, ст. преподаватель ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

В. А. Агафонов, генеральный директор АО «Газпром газораспределение Краснодар»

В. А. Писаренко, руководитель проектов ООО «Газотранспортные коммуникации и сооружения»

К. Ю. Беляев, заместитель директора по производству ООО «Северный край»

П. С. Березин, инженер ООО «Северный Альянс»

Расход воды через отопительный прибор является важным показателем его работы и системы водяного отопления здания в целом. В научной статье предложен авторский способ бесконтактного определения массового расхода воды, проходящей через отопительный прибор, который основан на тепловизионной диагностике объекта теплового контроля. На примере чугунного отопительного радиатора марки МС-140М2 выполнена апробация авторской методики расчета.

Ключевые слова: отопление, массовый расход воды, отопительный прибор, тепловизионная съемка, температурный рельеф, температурный профиль.

Основными тепловыми затратами на коммунально-бытовые нужды в жилых и общественных зданиях являются расходы энергии на отопление (не менее 30–35 %). Как следствие, средний размер платы за отопление от общей платы за коммунальные услуги в большинстве регионов нашей страны по данным [1] составляет приблизительно 30–60 %. Значительные расходы энергии на отопление зданий в России объясняются в основном относительно низкой температурой наружного воздуха в течение отопительного сезона (таблица 1), его продолжительностью и в среднем невысоким уровнем тепловой защиты зданий. Особенно это касается жилищного фонда старой постройки.

Таблица 1.

Средняя температура наружного воздуха в крупных городах мира в течение наиболее холодного месяца года

Город	Координаты северной широты, с. ш.	Среднемесячная температура января, °С
Берлин	52°31′	0,7
Лондон	51°30′	5,0
Москва	55°45′	-7,4
Нью-Йорк	40°43′	0,3
Париж	48°50′	4,5
Рим	41°54′	8,1

Как известно, основное назначение любой системы отопления — это компенсация тепловых потерь в помещениях здания и поддержания в них требуемых температурных параметров [2]. Поэтому тепловой режим помещений здания, а точнее, его поддержание на заданном уровне, будет определяться суммарной тепловой мощностью отопительных приборов, расположенных в них (обычно в подоконных нишах). В свою очередь тепловая мощность каждого отопительного прибора, исходя из имеющихся расчетных уравнений, зависит от трех основных показателей: расхода воды, поступающей в отопительный прибор, начальной и конечной температуры теплоносителя (на входе и на выходе из отопительного прибора) и площади его поверхности

нагрева. Если площадь поверхности нагрева может быть найдена с достаточно высокой точностью по паспортным данным в зависимости от числа секций прибора, то нахождение расхода и температуры воды без применения соответствующего измерительного оборудования является затруднительным. Традиционные средства измерения (расходомеры, термометры сопротивления) являются, как правило, разрушающими методами контроля и требуют непосредственного их контакта с измеряемой средой. Современные измерительные технологии, работа которых основана, в первую очередь, на регистрации теплового излучения объектов контроля, позволяют проводить такие измерения бесконтактными способами. К таким приборам относятся инфракрасные термометры (пирометры), тепловизоры и др. Последние нашли широкое применение в строительстве и энергетике, как эффективные средства для оценки теплового состояния различных объектов энергопотребления: зданий и сооружений, теплообменного и насосного оборудования, инженерных сетей, электрощитовых и мн. др. Подробно о конструкции, принципе работы, технических характеристиках и применении тепловизоров на практике изложено в учебном пособии [3].

Рассмотрим авторский способ определения массового расхода воды, проходящей через отопительный прибор, который основан на неразрушающем контроле теплового состояния отопительного прибора и его подводов с применением портативного тепловизора.

На рис. 1 представлена принципиальная схема реализации способа.

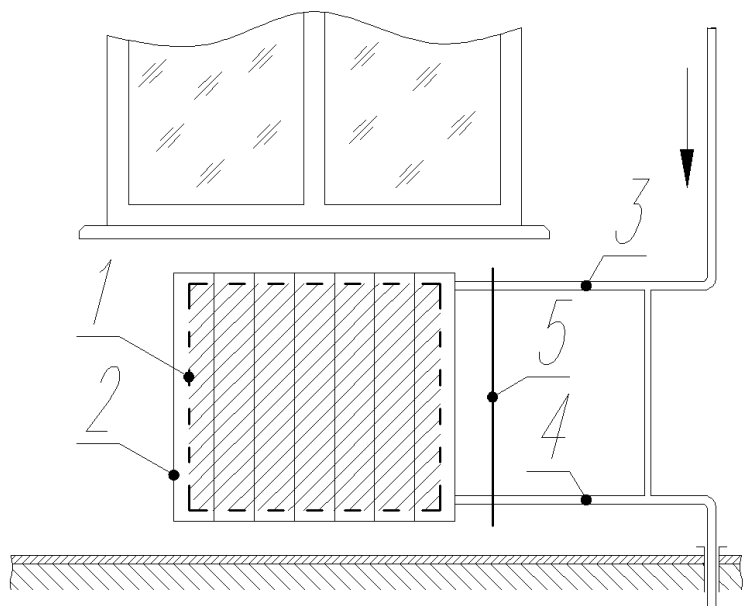


Рис. 1. Принципиальная схема реализации способа: 1 — поверхность отопительного прибора; 2 — отопительный прибор; 3 — подающая подводка; 4 — обратная подводка; 5 — температурный профиль

Поверхность 1 отопительного прибора 2 (рис. 1), обращенная в помещение, подающая 3 и обратная 4 подводки к отопительному прибору 2 расположены открыто и доступны для выполнения тепловизионной съемки и последующего анализа термограммы (или термограмм), а также построения температурного профиля 5. Площадь поверхности нагрева отопительного прибора 2 известна и равна F . Температура внутреннего воздуха в помещении равна $t_{\text{вн}}$. Тепловой режим этажеузла помещения — установившийся.

На расстоянии от отопительного прибора 2 с площадью поверхности нагрева F производят тепловизионную съемку этажеузла помещения, включающего в себя поверхность 1 отопительного прибора 2, обращенную в помещение, подающую 3 и обратную 4 подводки к отопительному прибору 2. В ходе последующего анализа полученной термограммы (или термограмм) определяют среднюю температуру поверхности 1 $t_{\text{ср}}$ отопительного прибора 2, обращенной в помещение, и строят температурный профиль 5, пересекающий полностью подающую 3 и обратную 4 подводки к отопительному прибору 2. По результатам построения температурного профиля 5 определяют

максимальную температуру поверхностей подающей 3 $t_{\text{вх}}$ и обратной 4 $t_{\text{вых}}$ подводок к отопительному прибору 2. Отдельно измеряют температуру внутреннего воздуха в помещении $t_{\text{вн}}$.

Массовый расход воды через отопительный прибор 2 вычисляют по следующей расчетной формуле:

$$G = 0,86 \alpha \frac{t_{\text{ср}} - t_{\text{вн}}}{t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}} F, \quad (1)$$

где α — средний коэффициент теплоотдачи на внешней поверхности отопительного прибора 2, Вт/(м²·К); $t_{\text{ср}}$ — средняя температура поверхности 1 отопительного прибора 2, обращенной в помещение, °С; $t_{\text{вн}}$ — температура внутреннего воздуха в помещении, °С; $t_{\text{вх}}$ — максимальная температура поверхности подающей подводки 3 к отопительному прибору 2, °С; $t_{\text{вых}}$ — максимальная температура поверхности обратной подводки 4 к отопительному прибору 2, °С; F — площадь поверхности нагрева отопительного прибора 2, м².

Средний коэффициент теплоотдачи α на внешней поверхности отопительного прибора 2 допускается принимать равным, согласно учебным данным [2]: 11,5 Вт/(м²·К) — для вертикальных бетонных панельных радиаторов; 10,0 Вт/(м²·К) — для чугунных секционных радиаторов; 7,0 Вт/(м²·К) — для конвекторов с кожухом.

В качестве примера определим массовый расход воды через отопительный прибор на примере чугунного отопительного радиатора марки МС-140М2. На рис. 2 приведена термограмма рассматриваемого отопительного прибора.

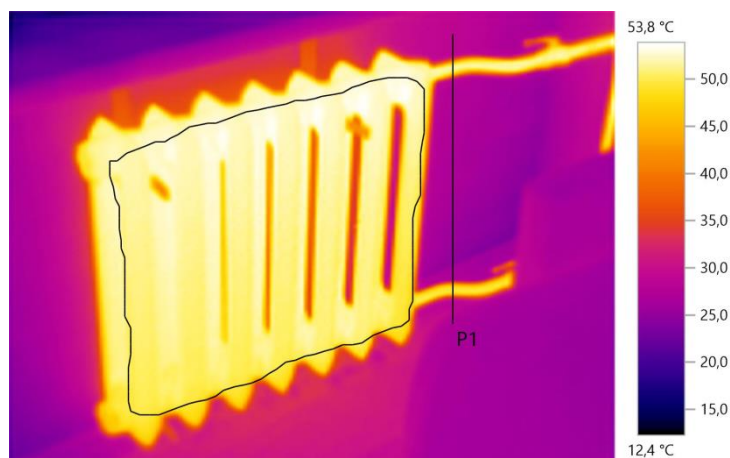


Рис. 2. Тепловое изображение чугунного отопительного радиатора МС-140М2 (P1 — температурный профиль)

По результатам анализа термограммы (рис. 2), полученной по итогам тепловизионной съемки с помощью тепловизора *Testo 875-2*, средняя температура поверхности отопительного прибора (рис. 3), обращенной в помещение, составила $t_{\text{ср}} = 50,2$ °С. По результатам построения в прикладной программе *Testo IIRSoft 4.0* температурного профиля (рис. 3) значения максимальной температуры поверхностей подающей и обратной подводок к отопительному прибору соответственно составили $t_{\text{вх}} = 51,6$ °С и $t_{\text{вых}} = 49,6$ °С.

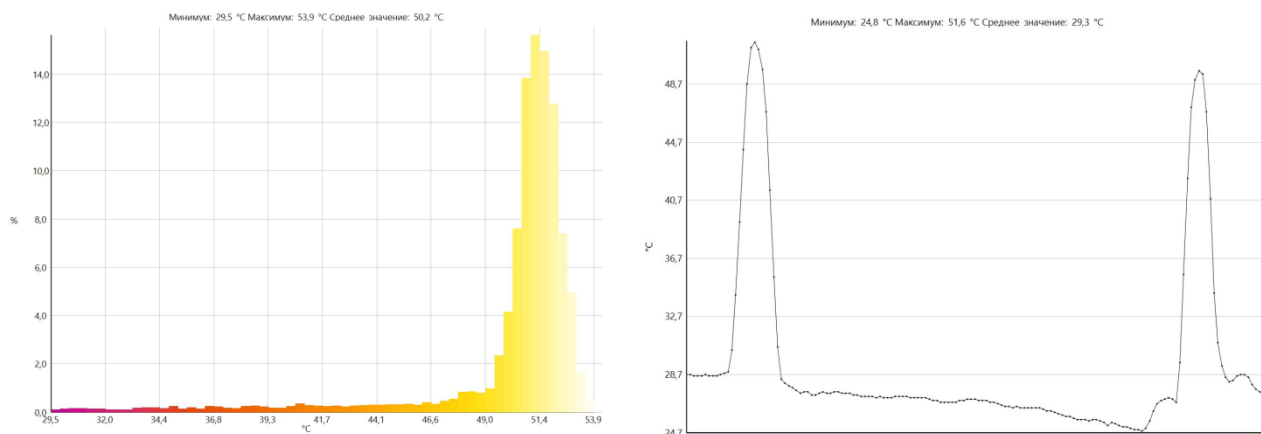


Рис. 3. Температурные рельеф и профиль (P1) термограммы

Температура внутреннего воздуха в помещении по показаниям термогигрометра *Testo 610* равна $t_{\text{вн}} = 18,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Площадь поверхности нагрева чугунного радиатора МС-140М2, состоящего из 7 секций, по паспортным данным отопительного прибора равна $F = 1,71 \text{ м}^2$.

Средний коэффициент теплоотдачи на внешней поверхности отопительного прибора принят равным $\alpha = 10,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Расход воды через радиатор МС-140М2 по формуле (1) составил:

$$G = 0,86 \cdot 10,0 \cdot \frac{50,2 - 18,9}{51,6 - 49,6} \cdot 1,71 = 230,15 \text{ кг/ч}.$$

Заключение

Разработанный способ определения массового расхода воды через отопительный прибор может применяться в отоплении и стать частью количественного анализа тепловых изображений, полученных в ходе выполнения тепловизионной съемки, наряду, например, с определением фактического сопротивления теплопередаче наружных ограждений здания. Расход воды через отопительный прибор — важный показатель его работы. Располагая данной величиной, можно определить фактическую скорость воды в подводках к отопительному прибору, гидравлическое сопротивление этажеузла помещения, степень засоренности трубопроводов и секций отопительного прибора, уровень шума гидравлической системы и т. д.

Литература

1. Кузнецова В. Г. Микроклимат и энергосбережение в жилых зданиях // Молодежь и XXI век — 2015. — Курск: ЗАО «Университетская книга», 2015. — Т. 3. — С. 230–232.
2. Сканави А. Н., Махов Л. М. Отопление. — Москва: АСВ, 2008. — 576 с.
3. Сеницын А. А., Карпов Д. Ф., Павлов М. В. Основы тепловизионной диагностики теплотребляющих объектов строительства. — Вологда: ВоГУ, 2014. — 160 с.