

## Лабораторная работа 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ

Цель работы – получение практического опыта в определении теплового потока от отопительного прибора системы отопления в эксплуатационных условиях, выявление недостатков приборного учета теплоотдачи отопительных приборов, получение знаний о принципе работы распределителей теплоты и теплосчетчиков.

#### Основные понятия

Каждый отопительный прибор должен иметь определенную площадь нагревательной поверхности  $A_{пр}$ ,  $m^2$ , рассчитываемую в соответствии с требуемой теплоотдачей прибора. Для обеспечения необходимой теплоотдачи в прибор должно поступать также определенное количество теплоносителя в единицу времени  $G$ ,  $kg/s$  ( $kg/ч$ ), называемое расходом теплоносителя.

**Расход теплоносителя** – воды, при котором теплопередача в помещение сопровождается понижением его температуры, определяют по формуле:

$$G_{вод} = Q_T / (c(t_{вх} - t_{вых})). \quad (1)$$

Расход теплоносителя – насыщенного пара, при котором теплота в отопительном приборе выделяется при фазовом превращении (конденсация пара со свободным отводом конденсата из прибора), определяют по формуле:

$$G_{пар} = Q_T / r. \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) расход теплоносителя  $G$ ,  $kg/s$ , при практических расчетах обычно приводится к 1 ч времени ( $kg/ч$ ), и тогда в числитель формул вводится множитель 3600;  $c$  – удельная массовая теплоемкость воды, равная 4187 Дж/( $kg \cdot ^\circ C$ ) или 4,187 кДж/( $kg \cdot ^\circ C$ );  $t_{вх}$ ,  $t_{вых}$  – температура воды при входе в помещение и выходе из него,  $^\circ C$ ;  $r$  – удельная теплота конденсации при определенном давлении пара в приборе, Дж/ $kg$  (кДж/ $kg$ ).

В зависимости от значения коэффициента теплопередачи и размеров

отопительного прибора изменяется его общий тепловой поток. Величина общего теплового потока обусловлена его поверхностной плотностью, т. е. значением удельного теплового потока, передаваемого от теплоносителя через 1 м<sup>2</sup> площади прибора в окружающую среду.

Формулы для определения поверхностной плотности теплового потока  $q_{пр}$ , Вт/м<sup>2</sup>, передаваемого через 1 м<sup>2</sup> площади отопительных приборов, напишем в виде произведения коэффициента теплопередачи на разность температуры:

$$q = k_{пр}\Delta t_{ср} = (m\Delta t_{ср}^n G_{вод}^p)\Delta t_{ср} = m\Delta t_{ср}^{1+n} G_{вод}^p. \quad (3)$$

где  $k_{пр}$  – коэффициент теплопередачи отопительного прибора, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $m$ ,  $n$  и  $p$  – эмпирические коэффициенты, полученные в ходе испытаний отопительных приборов.

В формуле (3) разность температуры  $\Delta t_{ср} = t_{ср} - t_{в}$ . Выведем формулу для определения  $t_{ср}$  в однотрубных системах водяного отопления, когда при последовательно соединенных приборах обычно известна температура воды, входящей в прибор  $t_{вх}$ , а температура воды, выходящей из него,  $t_{вых}$  зависит от расхода воды в приборе  $G_{вод}$ . Отнимая от температуры  $t_{вх}$  половину  $\Delta t_{пр}$  (понижение температуры воды в приборе) и выражая  $\Delta t_{пр}$  через тепловую мощность  $Q_{пр}$  и расход воды  $G_{вод}$ , получим:

$$t_{пр} = t_{вх} - 0,5\Delta t_{пр} = t_{вх} - 0,5Q_{пр}\beta_1\beta_2 / (cG_{вод}), \quad (4)$$

где  $Q_{пр}$  – тепловая мощность отопительного прибора;  $\beta_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную площадь (сверх расчетной) приборов, принятых к установке;  $\beta_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные тепловые потери вследствие размещения отопительных приборов у наружных ограждений.

Если  $G_{вод}$  выражен в кг/ч, то в числитель в формуле (4) вводят множитель 3,6 для перевода Вт в кДж/ч (при удельной массовой теплоемкости воды  $c = 4,187$  кДж/(кг·°C)).

В двухтрубных системах водяного отопления за температуру воды,

входящей в каждый прибор, принимают начальную температуру горячей воды в системе  $t_r$ , за температуру воды, выходящей из каждого прибора, - конечную температуру охлажденной воды в системе  $t_o$ . Тогда средняя температура воды в приборах):

$$t_{cp} = 0,5(t_{вх} + t_{вых}) = 0,5(t_r + t_o), \quad (5)$$

где  $t_r$  - расчетная (соответствующая температуре наружного воздуха, расчетной для отопления в данной местности) температура горячей воды, поступающей в систему отопления;  $t_o$  - расчетная температура охлажденной (обратной, как ее часто называют) воды, уходящей из системы.

Плотность теплового потока приборов, включающая в себя коэффициент теплопередачи, зависит от тех же основных и второстепенных факторов, как и коэффициент теплопередачи. Поэтому на практике для упрощения расчетов определяют сразу с учетом всех факторов плотность теплового потока прибора  $q_{пр}$  по формуле (3), не вычисляя коэффициента теплопередачи.

Значения плотности теплового потока позволяют сравнивать приборы и судить о теплотехнической эффективности того или иного типа отопительных приборов. Для этого при тепловых испытаниях устанавливают так называемую номинальную плотность теплового потока  $q_{ном}$ . Исходя из  $q_{ном}$  каждой марки или секции прибора, определяют в зависимости от их площади номинальный тепловой поток  $Q_{ном}$ , кВт, как показатель для планирования и учета объема производства приборов.

Номинальную плотность теплового потока  $q_{ном}$ , Вт/м<sup>2</sup>, получают для стандартных условий работы прибора в системе водяного отопления, когда средняя разность температуры, как уже известно,  $\Delta t_{cp}=70$  °С и расход теплоносителя воды в приборе составляет 360 кг/ч (0,1 кг/с).

Если известен номинальный тепловой поток прибора (с учетом схемы его присоединения к трубам), то расчетная плотность теплового потока  $q_{пр}$ , Вт/м<sup>2</sup>, в конкретных условиях работы его в системе отопления составит:

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}}(\Delta t_{\text{ср}} / 70)^{1+n}(G_{\text{пр}} / 360)^p. \quad (6)$$

Значения экспериментальных числовых показателей  $n$  и  $p$  приведены в справочной литературе.

### Описание оборудования

В ходе проведения лабораторной работы будут использованы: измеритель плотности теплового потока и температуры ИТП-МГ4.03 «ПОТОК», а также тахеометрический счетчик воды.

Схема лабораторной установки приведена на рисунке 1.

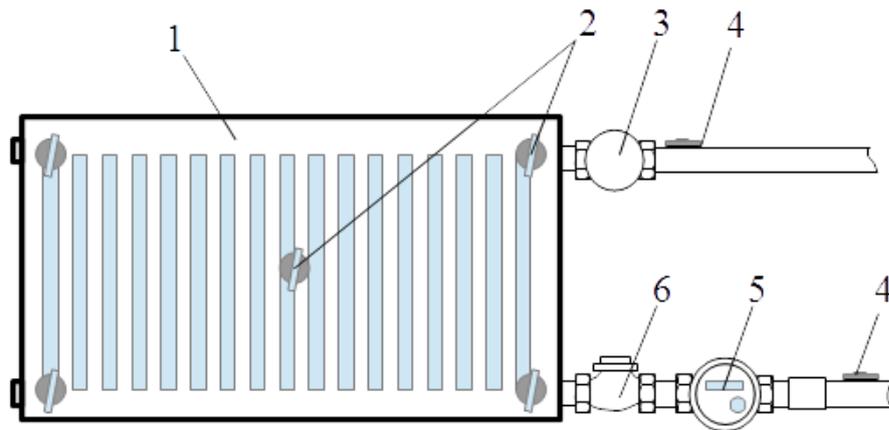


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки:

1 – исследуемый отопительный прибор; 2 – датчики температуры модуля № 1; 3 – термостатический клапан; 4 – датчики температуры модуля № 2; 5 – водосчетчик; 6 – запорно-регулирующий вентиль

Опыт следует проводить в осенне-зимний период при действующей системе отопления.

### Проведение работы

Опыт должен проводиться в следующей последовательности

1. Установить датчики температуры модуля № 1 на поверхности отопительного прибора, согласно рисунку 1.

При этом датчики плотно прижимаются по всей поверхности и закрепляют в этом положении, обеспечивая постоянный контакт датчика температуры с поверхностью исследуемых участков в течение последующих измерений.

Для исключения воздушных зазоров на участках поверхности в местах измерений следует нанести тонкий слой теплопроводной пасты КПТ-8, или технического вазелина.

Для исключения смещения датчика температуры допускается крепить к поверхности с помощью клеящей ленты (лейкопластырь).

2. Датчики температуры модуля № 2 закрепить согласно рисунку 1 на подающей и обратной подводке как можно ближе к исследуемому отопительному прибору.
3. Установить положение термостатического клапана прибора в положение поддержания максимальной температуры (положение 7) вращением маховика.
4. Подключить модуль № 1 к электронному блоку измерителя ИТП-МГ4.03 «Поток»
5. Включить питание электронного блока и дождаться наступления установившегося (стационарного) режима, т.е. показания датчиков не должны меняться в течение 5 мин.
6. Снять показания датчиков температуры модуля № 1  $t_{пр.i}$ , °С, согласно Руководству по эксплуатации измерителя. Показания записать в Журнал лабораторной работы.
7. Подключить модуль № 2 к электронному блоку измерителя ИТП-МГ4.03 «Поток»
8. После наступления установившегося (стационарного) режима, снять показания датчиков температуры модуля № 2 ( $t_{вх}$  и  $t_{вых}$ , °С)
9. С помощью секундомера засечь 60 секунд (Т), в процессе которых по показаниям тахеометрического расходомера определить количество теплоносителя прошедшего через прибор,  $M_{пр}$ , л.
10. С помощью логгера температуры измерить температуру воздуха в помещении  $t_{в}$ , °С, на удалении от трубы не менее чем 1 м. Результаты замера занести в Журнал.

11. Повторить действия п.4-10 при измененной величине настройки термклапана (последовательно 4 и 1) с перерывом между измерениями не менее 30 минут, в связи со значительно тепловой инерцией отопительного прибора. В процессе перерыва следует проводить обработку полученных данных в ходе предыдущего измерения.
12. Отключить питание электронного блока, отключить модуль. Снять датчики температуры, маркером отмечая места их установки.

### **Обработка результатов**

1. Определить расход теплоносителя, проходящего через отопительный прибор  $G_{пр}$ , кг/ч по формуле:

$$G_{пр} = \frac{3,6M_{пр}}{T} \rho,$$

где  $T$  – время замера количества протекающего теплоносителя через прибор (по умолчанию принято 60 с);  $\rho$  – плотность теплоносителя при средней температуре теплоносителя проходящего через прибор  $t_{ср}$ , °С, определяемый по формуле:

$$t_{ср} = \frac{t_{вх} + t_{вых}}{2}.$$

Плотность теплоносителя определяется согласно таблице в Справочных материалах.

2. Теплоотдача отопительного прибора, исходя из количества теплоты отданной теплоносителем  $Q_{о.п}$ , Вт, может быть определена по формуле:

$$Q_{о.п} = cG_{пр}(t_{вх} - t_{вых}) / 3,6,$$

где  $c$  – удельная массовая теплоемкость теплоносителя, определяемый по таблице в Справочных материалах при температуре  $t_{ср}$ , °С.

3. Теплоотдача отопительного прибора, исходя из конструктивных особенностей прибора, и его условий эксплуатации  $Q_{оп.к}$ , Вт, может быть определена по формуле:

$$Q_{\text{оп.к}} = Q_{\text{ном}} \left( \frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70} \right)^{1+n} \left( \frac{G_{\text{пр}}}{360} \right)^p,$$

где  $Q_{\text{ном}}$  – номинальная тепловая отдача отопительного прибора, Вт, определяемая по каталогу фирмы-производителя, или согласно Справочным материалам;  $\Delta t_{\text{ср}}$  – разность средней температуры отопительного прибора  $t_{\text{ср}}$  и температуры воздуха помещения  $t_{\text{в}}$ , °С;  $n$ ,  $p$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от конструкции и условий эксплуатации отопительного прибора, определяемые по каталогу фирмы-производителя, или согласно Справочным материалам.

4. Определить теплоотдачу отопительного прибора, исходя из невозможности определения расхода теплоносителя протекающего через прибор,

пренебрегая множителем  $\left( \frac{G_{\text{пр}}}{360} \right)^p$   $Q'_{\text{оп.к}}$ , Вт, по формуле:

$$Q'_{\text{оп.к}} = Q_{\text{ном}} \left( \frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70} \right)^{1+n}.$$

5. Определить отклонение полученных результатов  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$ , % по формулам:

$$\Delta_1 = \frac{Q_{\text{оп.т}} - Q_{\text{оп.к}}}{Q_{\text{оп.т}}} \cdot 100\%;$$

$$\Delta_2 = \frac{Q_{\text{оп.т}} - Q'_{\text{оп.к}}}{Q_{\text{оп.т}}} \cdot 100\%.$$

6. В Журнале построить графики:

- зависимости расхода теплоносителя, проходящего через отопительный прибор  $G_{\text{пр}}$  от положения настройки термодатчика;
- зависимости теплоотдачи отопительного прибора  $Q_{\text{оп}}$  от расхода теплоносителя проходящего через отопительный прибор  $G_{\text{пр}}$ .

7. Исходя из полученной величины средней температуры отопительного прибора  $t_{\text{ср}}$  определить наиболее верное место установки предполагаемого

