УДК 697.34(0.75)

**НОВЫЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ЗАКОНА ИЗМЕНЕНИЯ РАСХОДА ГРЕЮЩЕЙ ВОДЫ ПРИ МЕСТНОМ КОЛИЧЕСТВЕННОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА НА ВЕНТИЛЯЦИЮ В ВОДЯНЫХ СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**Горшенин В.П.**

*Россия, Орел, ФГБОУ ВПО «ГОСУНИВЕРСИТЕТ – УНПК»*

*В статье известная задача решается в рамках нового подхода – с использованием традиционного уравнения теплопередачи калорифера. Ранее решение данной задачи было выполнено с использованием уравнения характеристики калорифера. В целом решение задачи сводится к совместному решению двух основных уравнений, дополненных двумя уравнениями связи. Кроме уравнения теплопередачи находит применение уравнение теплового потока, отдаваемого сетевой водой.*

*Ключевые слова: калорифер, уравнение теплопередачи, уравнение теплового потока, расход греющей (сетевой) воды, местное количественное регулирование.*

*The known problem presented in the article is solved in the frames of new approach – using conventional heat transfer equation of a calorifier. Previously this problem solution was done by applying the calorifier performance equation. In general, this problem solution comes to simultaneous solution of two basic equations that are completed with two equations of constraints. Except the heat transfer equations the equation of heat flow released by delivery water is widely applied.*

*Key words: calorifier; heat transfer equation; heat flow equation; consumption of heating (delivery) water; local quantity governing.*

Совместный анализ графиков зависимостей $Q\_{v}=f(t\_{н})$ и $τ\_{1}=f(t\_{н})$ показывает, что в диапазонах значений температуры наружного воздуха $t\_{нн}…t\_{нu}$ и $t\_{нv}…t\_{нo}$ должно осуществляться местное количественное регулирование теплового потока $Q\_{v}$ на вентиляцию; при $t\_{нu}\geq t\_{н}\geq t\_{нv}$ – качественно-количественное регулирование.

В диапазоне значений температуры наружного воздуха, $t\_{н}=t\_{нн}…t\_{нu}$ местное количественное регулирование теплового потока $Q\_{v}$ на вентиляцию обусловлено тем, что с понижением температуры наружного воздуха отмеченный тепловой поток растет (и наоборот), а температура сетевой воды, поступающей в калориферы, имеет постоянное значение $(τ\_{1}=τ\_{1u}=const$). В этих условиях изменить значение теплового потока $Q\_{v}$ можно только лишь изменением расхода $G\_{dv}$ сетевой воды.

В диапазоне значений температуры наружного воздуха, $t\_{н}=t\_{нu}…t\_{нv}$ изменяется как тепловой потока $Q\_{v}$, так и температура $τ\_{1}$ сетевой воды, поступающей в калориферы. При этом с уменьшением температуры $t\_{н}$ величины $Q\_{v}$ и $τ\_{1}$ растут и наоборот. Отмеченная зависимость между величинами $t\_{н} и Q\_{v}, t\_{н} и τ\_{1}$ наблюдается в том случае, если осуществляется центральное качественное регулирование отпуска теплоты. При данном методе регулирования расход $G\_{dv}$ сетевой воды на вентиляцию имеет постоянное значение, равное расчетному значению $G\_{dvs}$.

Однако, проведенный ниже анализ уравнения теплопередачи, записанного для калорифера применительно к текущему и расчетному режимам его работы, показывает следующее. Температура $τ\_{2v}$ сетевой воды после калорифера несколько отличается от температуры $τ\_{2}$, имеющей место в соответствии с отопительно-бытовым температурным графиком. Различие в значениях температур $τ\_{2v}$ и $τ\_{2}$ приводит к некоторому изменению расхода $G\_{dv}$ сетевой воды через калорифер. Таким образом, регулирование потребляемого теплового потока $Q\_{v}$ на вентиляцию в диапазоне значений температуры наружного воздуха, $t\_{н}=t\_{нu}…t\_{нv}$ является качественно-количественным.

Решение отмеченных задач сводится к описанию зависимостей вида:

$$G\_{dv}=f\left(t\_{н}\right), (1)$$

где $G\_{dv}$ – текущий расход сетевой воды на вентиляцию; $t\_{н}$ – текущая температура наружного воздуха, $℃$.

В [1] задачи по обоснованию закона изменения расхода сетевой воды при местном количественном регулировании теплового потока $Q\_{v}$ на вентиляцию решаются с использованием уравнения характеристики калорифера. В нашем случае решение этих задач проводится с использованием традиционного уравнения теплопередачи.

В диапазоне значений температуры наружного воздуха, $t\_{н}=t\_{нн}…t\_{нv}$ расход $G\_{dv}$ сетевой воды определяется в результате решения системы следующих уравнений:

-основные уравнения

$$Q\_{v}=c∙G\_{dv}∙\left(τ\_{1}-τ\_{2v}\right); (2)$$

$$k\_{v}∙∆t\_{v}∙F\_{v}=φ\_{v}∙k\_{vs}∙∆t\_{vs}∙F\_{v}; (3)$$

-уравнения связи

$$Q\_{v}=φ\_{v}∙Q\_{vmax}; \left(4\right)$$

$$k\_{v}=β\_{v}∙k\_{vs}, (5)$$

где $Q\_{v}, G\_{dv}$ – текущие, соответственно, тепловой поток и расход сетевой воды на вентиляцию; *с* – теплоемкость воды; $τ\_{1}$ – текущая температура прямой сетевой воды; $τ\_{2v}$ –текущая температура сетевой воды после калориферов; $k\_{v},k\_{vs} и ∆t\_{v},∆t\_{vs}$ – текущие и расчетные, соответственно, коэффициент теплопередачи и температурный напор калориферов; $F\_{v}$ – площадь теплопередающей поверхности калориферов; $φ\_{v}$ – коэффициент пересчета максимального значения $Q\_{vmax}$ теплового потока на вентиляцию на его текущее значение $Q\_{v}$ [1, 2]; $Q\_{vmax}$ – расчетный (максимальный) тепловой поток на вентиляцию; $β\_{v}$ – поправочный коэффициент, учитывающий изменение значения коэффициента теплопередачи калорифера с изменением значений расходов греющего $G\_{dv}$ и нагреваемого $G\_{n}$ теплоносителей.

Поправочный коэффициент $β\_{v} $в равенстве (5) определяется по выражению [1]:

$$β\_{v}=\left(\frac{G\_{dv}}{G\_{dvs}}\right)^{α}∙\left(\frac{G\_{n}}{G\_{ns}}\right)^{γ}, (6)$$

где $G\_{dvs}$ – расчетный (максимальный) расход сетевой воды на вентиляцию; $G\_{n}, G\_{ns}$ – расход приточного воздуха, соответственно, текущий и расчетный ($G\_{n}=G\_{ns}=const; \left({G\_{n}}/{G\_{ns}}\right)^{γ}=1$); $α=0,15 и γ=0,4 [1].$

В выражении (2) текущий расход $G\_{dv}$ сетевой воды, поступающей в калорифер в качестве греющего теплоносителя, является неизвестной величиной и поэтому поправочный коэффициент $β\_{v}$ при решении задачи предварительно задается. После решения задачи значение коэффициента$ β\_{v}$ проверяется и при необходимости уточняется, а решение задачи повторяется.

Текущий $∆t\_{v}$ и расчетный $∆t\_{vs}$ температурные напоры в равенстве (3) определяются как разность среднеарифметических температур теплоносителей [1]:

$$∆t\_{v}=0,5∙\left(τ\_{1}+τ\_{2v}\right)-0,5∙\left(t\_{ns}+t\_{н}\right); (7)$$

$$∆t\_{vs}=0,5∙\left(τ\_{1vs}+τ\_{2vs}\right)-0,5∙\left(t\_{ns}+t\_{нv}\right), (8)$$

где $τ\_{1vs}, τ\_{2vs}$ – расчетные температуры, соответственно, прямой и обратной сетевой воды, принимаемые при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования вентиляции; $t\_{ns}$ – расчетная температура приточного воздуха; $ t\_{нv}- $расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции.

Решение равенства (3) с учетом зависимости (5) дает:

$$∆t\_{v}=\frac{φ\_{v}}{β\_{v}}∙∆t\_{vs}. (9)$$

Решая совместно уравнения (7) и (9) относительно температуры $τ\_{2v}$, имеем:

$$τ\_{2v}=\left(\frac{2∙φ\_{v}}{β\_{v}}\right)∙∆t\_{vs}+t\_{ns}+t\_{н}-τ\_{1}. (10)$$

Соответственно, из уравнения (2) с учетом соотношения (4) следует:

$$G\_{dv}=\frac{φ\_{v}∙Q\_{vmax}}{с∙(τ\_{1}-τ\_{2v})}. (11)$$

В диапазоне значений температуры наружного воздуха, $t\_{н}=t\_{нv}…t\_{нo}$ местное количественное регулирование теплового потока $Q\_{v}$ на вентиляцию обусловлено тем, что на рассматриваемом участке отопительного периода $Q\_{v}=Q\_{vmax}=const$, а температура $τ\_{1}$ прямой сетевой воды изменяется. Постоянство значения теплового потока $Q\_{v} $в этом случае обеспечивается путем изменения расхода $G\_{dv}$ сетевой воды.

Кроме того, постоянство значения теплового потока $Q\_{v} $ с изменением температуры $t\_{н}$ может быть обеспечено и в результате изменения или расхода $G\_{n}$ или температуры $t\_{n}$ приточного воздуха. Соответственно, расход $G\_{n} $ приточного воздуха при $Q\_{v}=Q\_{vmax}$ и $t\_{n}=t\_{ns}$ определяется известным образом:

$$G\_{n}=\frac{Q\_{vmax}}{c\_{в}∙(t\_{ns}-t\_{н)}}. (12)$$

В том случае, если расход приточного воздуха $G\_{n}=G\_{ns}=const$, то его температура $t\_{n}$ при $Q\_{v}=Q\_{vmax}$ определяется по выражению:

$$t\_{n}=\frac{Q\_{vmax}}{c\_{в}∙G\_{ns}}+t\_{н}=t\_{ns}-t\_{нv}+t\_{н}, (13)$$

где $G\_{ns}$ – расчетный (максимальный) расход приточного воздуха, определяемый по выражению (12) при температуре $t\_{н}=t\_{нv}$.

Расход $G\_{dv}$ сетевой воды на вентиляцию при $t\_{нv}\geq t\_{н}\geq t\_{нo}$ определяется в результате совместного решения системы из двух уравнений:

$$Q\_{vmax}=c∙G\_{dv}∙(τ\_{1}-τ\_{2v}); (14)$$

$$k\_{vs}∙∆t\_{vs}∙F\_{v}=k\_{v}∙∆t\_{v}∙F\_{v}. (15)$$

Решение уравнения (15) с учетом выражений (5) и (7) дает:

$$τ\_{2v}=\left(\frac{2}{β\_{v}}\right)∙∆t\_{vs}+t\_{n}+t\_{н}-τ\_{1}, (16)$$

где $t\_{n}$ – текущая температура приточного воздуха, определяемая по выражению (13) при условии, что $G\_{n}=G\_{ns}=const$; $t\_{n}=t\_{ns}$, если по условию задачи расход $G\_{n}\ne const$ и определяется по выражению (12).

Из уравнения (14) следует:

$$G\_{dv}=\frac{Q\_{vmax}}{c∙(τ\_{1}-τ\_{2v})}. (17)$$

Список литературы

1. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети [Текст]: учебник для вузов / Е.Я. Соколов. – 8-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 472 с.

2. Горшенин, В.П. Теплоснабжение. Тепловой расчет рекуперативных теплообменников в системах теплоснабжения [Текст]: учебное пособие для высшего профессионального образования / В.П. Горшенин.– Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2014.– 104 с.

**Горшенин Владимир Петрович,** к.т.н., с.н.с., доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство» ФГБОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс», г. Орел; тел. +7 (4862) 43-26-30; +7 (960) 643-47-41.