УДК 697.34(0.75)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ДВУХСТУПЕНЧАТЫХ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

**Горшенин В.П.**

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

*В основу модели положены семь уравнений. Первые три уравнения - это уравнения тепловых потоков, воспринимаемых нагреваемой водой в целом в ВПУ ГВС, а также по отдельности в ее двух ступенях. Остальные четыре уравнения – это уравнения тепловых потоков, отдаваемых греющей водой в целом в тепловом пункте и по отдельности в теплообменниках ГВС и отопления. Решение модели позволяет определить расходы нагреваемой и греющей воды, тепловые мощности ступеней ВПУ ГВС, температуры греющей воды на выходе из второй ступени ВПУ ГВС, системы отопления, первой ступени ВПУ ГВС.*

*Ключевые слова: тепловой пункт, водоподогревательная установка, нагреваемая вода, греющая (сетевая) вода, расход, температура, тепловой поток, уравнение теплового потока, математическая модель.*

*The model is based on seven equations. The first three equations are the equations of heat flows perceived by the heated water in whole in Water Warming Plant (WWP) of Hot Water Supply (HWS), and also separately at its stages. The rest four equations are the equations of heat flows rejected by water in whole at heat supply station and separately in heat exchange unit of Hot Water Supply and heating. Model solution allows determining of heated and heating water rate, heating capacities of the stages of WWP of HWS, heating water temperature at output at the second stage of WWP of HWS, heating system, the first stage of WWP of HWS.*

*Key-words: heat supply station, water heating unit, heated water, heating (network) water, flow rate, heat flow, heat-flow equation, mathematical model.*

Содержанием данного исследования является совершенствование математической модели теплового режима последовательных двухступенчатых водоподогревательных установок (ВПУ) горячего водоснабжения (ГВС) систем централизованного теплоснабжения (СЦТ). Величины, полученные в результате решения модели, находят применение в качестве исходных данных в тепловом расчете этих установок.

Исходные предпосылки, обеспечивающие разработку модели, обозначены в рамках анализа существующих методик теплового расчета ВПУ ГВС. Согласно [1, 2], при выполнении теплового расчета ВПУ ГВС в качестве расчетного значения температуры $ $наружного воздуха принимается ее значение в точке излома температурного графика ($t\_{ни}$) или в начале (конце) отопительного периода ($t\_{нн}$), если излом графика отсутствует. В этом случае значение температуры $τ\_{1h2и}$ греющей (сетевой) воды на входе во вторую (верхнюю) ступень ВПУ ГВС принимается следующим образом:

$τ\_{1h2u}$=$τ\_{1пu} или τ\_{1h2u}$=$τ\_{1ou}$,

где $τ\_{1пu, }τ\_{1ou}$– температуры прямой сетевой воды в точке излома, соответственно, повышенного и отопительно-бытового температурного графиков (при $t\_{н}$=$t\_{нu}$), °С.

Значение расчетного теплового потока $Q\_{hs} $на горячее водоснабжение в тепловых расчетах ВПУ ГВС принимается в зависимости от такого фактора как наличие в СЦТ баков-аккумуляторов горячей воды. При наличии отмеченных баков в качестве расчетного принимается средний тепловой поток $Q\_{hm}$, а при их отсутствии – максимальный тепловой поток $Q\_{hmax }$на горячее водоснабжение [1, 2].

Одна из исходных предпосылок, принятых при разработке модели состоит в том, что основу теплового расчета последовательных ВПУ ГВС составляют традиционные уравнения теплового баланса и теплопередачи. Отмеченная предпосылка принята с учетом исследований, выполненных в [3, 4]. При этом, например, в [2] в основу теплового расчета всех видов ВПУ ГВС вместо уравнения теплопередачи положено их уравнение характеристики.

Математическая модель теплового режима двухступенчатых последовательных ВПУ ГВС может быть представлена как система следующих уравнений:

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

$Q\_{h1s}=c∙G\_{hs}∙\left(τ\_{h1u}-τ\_{c}\right); $ (2)

$Q\_{h2s}=c∙G\_{hs}∙\left(τ\_{hs}-τ\_{h1u}\right);$ (3)

$Q\_{ou}+Q\_{hs}=c∙G\_{ds}∙\left(τ\_{1h2u}-τ\_{2h1u}\right);$ (4)

$Q\_{h2s}=c∙G\_{ds}∙\left(τ\_{1h2u}-τ\_{2h2u}\right); $ (5)

$Q\_{ou}=c∙G\_{ds}∙\left(τ\_{1оuf}-τ\_{2оuf}\right);$ (6)

$Q\_{h1s}=c∙G\_{ds}∙\left(τ\_{1h1u}-τ\_{2h1u}\right), $ (7)

где $Q\_{hs}$ – расчетный тепловой поток на горячее водоснабжение; $Q\_{h1s}$ и $Q\_{h2s}$ – расчетные тепловые потоки, воспринимаемые нагреваемой водой и отдаваемые греющей (сетевой) водой, соответственно, в первой и во второй ступенях ВПУ; $ Q\_{ou}$ - тепловой поток на отопление в точке излома отопительно-бытового температурного графика (при $t\_{н}$=$t\_{нu}$); $c$ - удельная теплоемкость воды; $G\_{hs}$ - расчетный расход нагреваемой воды;$ G\_{ds } - $ расчетный расход сетевой (греющей) воды на тепловой пункт; $τ\_{c},$ $τ\_{h1u},$ $τ\_{hs},$ - расчетные температуры нагреваемой воды, соответственно, на входе и на выходе из первой ступени ВПУ, на выходе из ее второй ступени, °С; $τ\_{1h2u}$, $τ\_{2h2u}$ – расчетные температуры греющей (сетевой) воды, соответственно, на входе и выходе из второй (верхней) ступени ВПУ, °С; $τ\_{1оuf}, τ\_{2оuf}$ - температуры греющей (сетевой) воды, соответственно, на входе и выходе из системы водяного отопления; $τ\_{1h1u}$, $τ\_{2h1u}$ – расчетные температуры греющей (сетевой) воды, соответственно, на входе и выходе из первой (нижней) ступени ВПУ, °С.

Значение температуры $τ\_{2h1u}$ ($τ\_{2u}$) греющей воды после первой (нижней) ступени ВПУ ГВС (на выходе из теплового пункта) принимается как технически целесообразное значение.

Решением уравнения (1) является расчетный расход $G\_{hs}$ нагреваемой воды.

С помощью уравнений (2) и (3) находятся тепловые потоки $Q\_{h1s}$ и $Q\_{h2s}$, передаваемые от греющей к нагреваемой воде, соответственно, в первой (нижней) и во второй (верхней) ступенях ВПУ ГВС (их тепловые мощности).

Решением уравнения (4) является расчетный расход $G\_{ds}$ сетевой воды через тепловой пункт.

Уравнение (5) решается относительно температуры $τ\_{2h2u}$ ($τ\_{1оuf}$) греющей (сетевой) воды на выходе из второй (верхней) ступени ВПУ ГВС (на входе в теплообменное устройство систем водяного отопления).

Из уравнения (6) находится температура $τ\_{2оuf}$ ($τ\_{1h1u}$) греющей (сетевой) воды на выходе из систем водяного отопления (на входе в первую ступень ВПУ).

Из уравнения (7) находится температура $τ\_{2h1u}$ ($τ\_{2u}$) греющей (сетевой) воды на выходе из первой (нижней) ступени ВПУ ГВС (на выходе из теплового пункта) и в результате чего проверяется правильность предыдущих вычислений.

В инженерной практике температура $τ\_{h1u}$ нагреваемой воды после первой (нижней) ступени ВПУ в точке излома отопительно-бытового температурного графика вычисляется обычно с использованием соотношения [2]:

$τ\_{h1u}=τ\_{1h1u}-∆τ\_{h1u},$ (8)

где $τ\_{1h1u}$ – тоже, что и в уравнении (7); $τ\_{1h1u}=τ\_{2ou}$;$ τ\_{2ou}$– температура обратной сетевой воды в точке излома отопительно-бытового температурного графика, °С;

$∆τ\_{h1u}$ – недогрев нагреваемой воды после первой (нижней) ступени ВПУ до температуры $τ\_{1h1u}$ сетевой (греющей) воды, поступающей в эту ступень после систем водяного отопления и второй (верхней) ступени ВПУ, °С; технически целесообразное значение величины $∆τ\_{h1u}$ составляет [2]: $∆τ\_{h1u}$=(5…10) °С.

Следует отметить, что температуру $τ\_{h1u}$, входящую в уравнения (2) и (3), с использованием выражения (8) в рамках решаемой задачи определить не представляется возможным. Это связано с тем, что температура $τ\_{1h1u}$ ($τ\_{2оuf}$) в уравнении (6) является неизвестной величиной.

Как отмечено в [4], при $Q\_{h1s}$=$Q\_{h2s}$: $τ\_{h1u}=0,5∙\left(τ\_{hs}+τ\_{c}\right).$ В этом случае значение температуры $τ\_{h1u}$ в среднем получается, как показывают расчеты, несколько меньше, чем ее значение по выражению (8).

В конечном счете, расчетное значение температуры $τ\_{h1u}$ определяется следующим образом:

$τ\_{h1u}=0,5∙\left(τ\_{hs}+τ\_{c}\right)+δτ\_{h1u},$ (9)

где $τ\_{hs}, τ\_{c}$ - тоже, что и в уравнении (1); $δτ\_{h1u}$ – температурная надбавка, °С.

В выражении (9) предварительно принимается, что: $δτ\_{h1u}$=3…7 °С и затем, если не выполняется соотношение (8), значение величины $δτ\_{h1u}$ уточняется.

Список литературы

1.СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов [Текст].

2.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.

3.Горшенин В.П. Анализ методов решения задачи центрального качественного регулирования отпуска теплоты в водяных системах централизованного теплоснабжения [текст]/В.П. Горшенин//Строительство и реконструкция, 2011. - №5. – С. 8 – 14.

 4.Горшенин В.П. Новый подход к решению задачи центрального регулирования совмещенной нагрузки отопления и горячего водоснабжения в водяных системах централизованного теплоснабжения [текст]/В.П. Горшенин//Строительство и реконструкция, 2012. – №5. - С. 39 – 49.

**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