



УДК 697.1

Владимир Митрофанович ПИЛИПЕНКО, доктор технических наук, профессор,
директор ГП "Институт жилища —
НИПТИС им. Атаева С. С."

Сергей Николаевич ОСИПОВ, доктор технических наук,
профессор,
главный научный сотрудник ГП "Институт жилища —
НИПТИС им. Атаева С. С."

О РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

ON RECONSTRUCTION OF HEATING SYSTEMS RESIDENTIAL BUILDINGS

Энергоэффективность жилых зданий в значительной степени зависит от эффективности систем теплоснабжения, которые обеспечивают отопление и горячее водоснабжение. Если суточный режим отопления характеризуется относительной плавностью изменения потребления тепла, то горячее водоснабжение отличается сильной неравномерностью, связанной с периодами (утром и вечером) работы душей (ванн).

При капитальном ремонте и реконструкции жилых зданий зачастую производится замена проточных газовых водонагревателей на теплообменники с горячим теплоносителем — водой для горячего водоснабжения, что требует специального регулирования.

Energy efficiency of residential buildings is largely dependent on the efficiency of heating systems that provide heating and hot water. If the daily heating mode characterized by the relative smoothness of the change of the heat, the hot water has a strong non-uniformity associated with periods (morning and evening) of showers (baths).

When major repairs and reconstruction of residential buildings often replacing flowing gas water heaters heat exchangers with hot coolant — water for domestic hot water, which requires a special regulation.

ВВЕДЕНИЕ

В последней трети XX века в Европе, а теперь и в странах СНГ, в связи с резким ростом цен на энергоресурсы проводятся обширные работы по уменьшению трансмиссионных и иных теплопотерь зданий с целью экономии расходов на отопление. Так, проводимая в Республике Беларусь тепловая модернизация зданий позволяет сократить трансмиссионные потери примерно в два раза, что уменьшает общий расход тепла на отопление примерно на 30 % [1]. Использование канальных теплообменников-рекуператоров "воздух — воздух" [2] позволяет уменьшить общие тепловые затраты на отопление жилых зданий еще примерно в два раза, что снижает общие потери тепла по сравнению с первоначальными до тепловой реабилитации почти в три раза.

Полученную экономию тепла можно частично направить на теплоснабжение новых зданий, построенных для уплотнения застройки старых микрорайонов и жилых массивов, имеющих внутри застроенных периметров кварталов значительные свободные площади, а также на устройство централизованного горячего водоснабжения вместо квартирных газовых проточных водонагревателей. Такое использование сэкономленного тепла в системах теплоснабжения со значительной долей теплофикационного режима ТЭЦ позволяет оправдать существенные затраты на тепловую модернизацию зданий и использование квартирных теплообменников

"воздух — воздух". При замене одного газового водонагревателя на централизованное горячее водоснабжение в соответствии с п. 6.3 СНБ 4.03.01-98 годовой расход природного газа уменьшается на 150 м³ (с 250 до 100 м на приготовление пищи). Поэтому в связи с постоянным ростом стоимости газа, особенно интенсивным (почти в четыре раза) в период 2007–2012 гг., повышение эффективности использования теплофикационного режима ТЭЦ путем замены газовых проточных водонагревателей может иметь особое значение для увеличения устойчивости энергосбережения жилого сектора. Кроме того, переход на централизованное горячее водоснабжение существенно повышает уровень безопасности жизнедеятельности людей, так как с каждым годом количество смертельных случаев при использовании газовых проточных водонагревателей увеличивается.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Существенную экономию тепла при реконструкции теплоснабжения здания можно получить при уменьшении уровня теплопотребления на отопление в результате тепловой модернизации и применения теплообменников-рекуператоров "воздух — воздух", в случае перевода нагрева бытовой горячей воды с газовых проточных водонагревателей на централизованную до-

мовую систему горячего водоснабжения, работающую от общей сети теплоснабжения. При этом в системе газоснабжения города в соответствии с укрупненным нормативом СНБ 4.03.01-98 (п. 6.3) высвобождается 150 м^3 в год природного газа на одного человека, горячее водоснабжение которого централизовано за счет теплоснабжения.

В качестве примера можно привести результаты расчетов для старого городского жилого массива с домами, оборудованными газовыми проточными водонагревателями, где проживает 16 045 человек [3, с. 221, табл. 4.2]. Для такого жилого массива расход теплоты на отопление Q , в зависимости от наружной температуры t_n графически представлен линией 1 на рис. 1. Линия 2 — это расход теплоты на вентиляцию общественных зданий, который достаточно мал. Общий расход теплоты на отопление и вентиляцию жилого района до тепловой модернизации представлен линией 3. После тепловой модернизации всех зданий расход теплоты на отопление уменьшился примерно на 30–35 % [1], что представлено пунктирной линией 4.

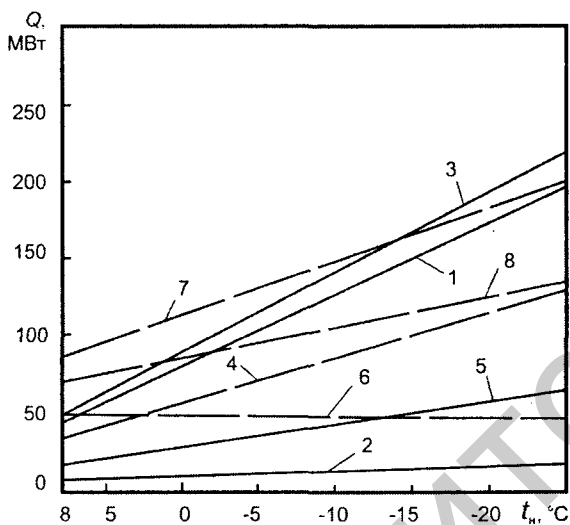


Рис. 1. Зависимость расхода теплоты на отопление от наружной температуры

В случае повсеместного применения теплообменников-рекуператоров "воздух — воздух" расход теплоты на отопление уменьшается примерно в два раза [2] от уровня теплопотребления после тепловой модернизации (см. рис. 1, линия 5).

Как показывают расчеты, приведенные в [3, с. 222], средний расход теплоты на централизованное горячее водоснабжение жилого района составляет $Q = 50 \text{ МВт}$ (см. рис. 1, линия 6) и общая замена всех газовых проточных водонагревателей на централизованное горячее водоснабжение прибавляет эту величину к общему централизованному теплопотреблению (линия 7 — в случае только тепловой модернизации всех зданий и линия 8 — в случае тепловой модернизации зданий и повсеместного использования в жилом секторе теплообменников-рекуператоров "воздух — воздух").

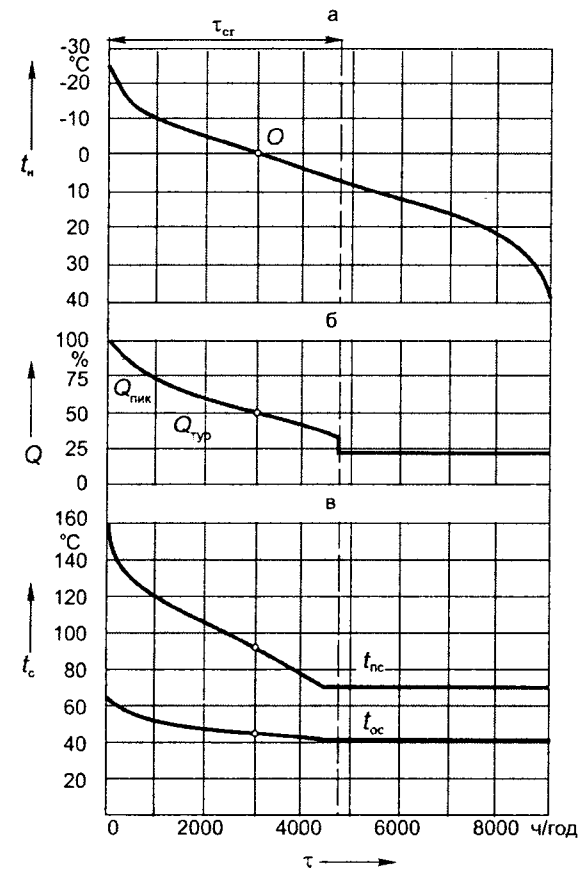
Если принять в качестве начальной границы использования пиковых источников теплоты 2°C ($Q = 100 \text{ МВт}$), то из сравнения линий 3 и 7 на рис. 1 видно, что необходимая мощность пиковых источников остается примерно прежней и не требует какой-либо перестройки. При этом вся необходимая тепловая мощность до

100 МВт получается за счет теплофикационного режима в течение всего года кроме небольшого (две недели) периода профилактического ремонта теплосети. Таким образом, перевод старых жилых зданий после тепловой модернизации с газовых проточных водонагревателей на централизованное горячее водоснабжение позволяет без каких-либо переделок использовать имеющуюся систему теплоснабжения и за счет теплого периода года (для условий г. Минска — около 160 сут) расширить использование теплофикационного периода работы ТЭЦ.

В случае, когда кроме тепловой модернизации квартиры оборудуются теплообменниками-рекуператорами "воздух — воздух", а газовые проточные водонагреватели заменяются системой централизованного горячего водоснабжения, общее потребление теплоты заметно уменьшается (см. рис. 1, линия 8), что позволяет использовать пиковые источники теплоты только при наружной температуре $t_n \leq (-7)^\circ\text{C}$, что существенно экономит топливо. При этом доля теплофикационной теплоты ТЭЦ увеличивается, что уменьшает расход топлива на отопление и горячее теплоснабжение старых жилых массивов в результате модернизации. Кроме того, на 16 045 жителей высвобождается средний расход газа около $2,4 \text{ млн м}^3/\text{год}$.

В связи с резким (примерно в три раза) уменьшением расхода теплоты на отопление жилых помещений после их тепловой модернизации и рекуперации воздуха ранее установленные обогревательные приборы (радиаторы, конвекторы и т. п.) обладают явно излишней греющей способностью, что требует либо их замены, либо резкого изменения параметров внутридомового теплоносителя. Однако этот вопрос не однозначен, так как такие условия создают возможности корректировки температуры прямой сетевой воды до величины, при которой не требуется использования пиковых источников теплоты, а достаточно температуры воды теплофикационного цикла ТЭЦ. Так в [4, с. 52, рис. 2.11] приведен типичный годовой график (рис. 2), на котором представлены зависимости изменения температур наружного воздуха t_n (а), процентной доли тепловой нагрузки (б) и температуры сетевой воды прямой (t_{nc}) и обратной (t_{oc}) от годовой продолжительности теплоснабжения для условий г. Минска t . Здесь $Q_{\text{пик}}$ и $Q_{\text{тур}}$ — годовой отпуск теплоты от турбины и пикового источника, а точками (О) обозначены расчетные предельные параметры отборов пара турбины при часовом коэффициенте теплофикации $\alpha_{\text{ТЭЦ}} = 0,5$. С ростом стоимости топлива оптимальные значения коэффициентов теплофикации, по-видимому, будут возрастать, так как при теплофикации наиболее полно используется скрытая теплота парообразования воды. Поэтому представляется целесообразным снизить температуру прямой сетевой воды даже для пиковой наружной температуры ($t_n = (-25)^\circ\text{C}$) до $(95-100)^\circ\text{C}$ и отказаться от использования пиковых источников теплоты, непосредственно расходующих топливо, и осуществлять теплоснабжение жилого района за счет теплофикационного режима ТЭЦ.

В качестве примера эффективности использования теплофикационного режима ТЭЦ по сравнению с конденсационным можно привести результаты исследований В. К. Балабановича [5, с. 156], который определил, что средний удельный расход топлива на турбоустановку типа "Т" Минской ТЭЦ-2 составляет



$Q_{ур}, Q_{пик}$ — годовой отпуск теплоты от турбины и пикового источника;
 $t_{пс}, t_{ос}$ — температура прямой и обратной сетевой воды;
 τ — годовая продолжительность; $\tau_{от}$ — отопительный период;
 O — расчетная точка отборов турбины ($\alpha_{тэц} = 0,5$)

Рис. 2. Типичные годовые графики:
 а — температура наружного воздуха;
 б — тепловая нагрузка;
 в — температура сетевой воды

240 т у. т./ (кВт·ч) (энергетический КПД $\approx 45,5\%$), а это означает выработку основной части электроэнергии с теплофикационной теплотой с общим удельным расходом топлива 150 т у. т./ (кВт·ч) (энергетический КПД $\approx 82\%$) и остальной электроэнергии по конденсационному циклу с удельным расходом топлива в 800–1200 т у. т./ (кВт·ч) (энергетический КПД $\approx 15\%$). Необходимо отметить, что переход на централизованное горячее водоснабжение позволяет понизить температуру обратной сетевой воды до 20–30 °С.

В последние годы в бытовом электропотреблении произошли существенные изменения. С одной стороны, электропотребление отдельных новых электроприборов (телевизоры, холодильники и др.) несколько уменьшилось в связи с более высоким КПД, но с другой — установленные мощности и ассортимент бытовых электроприборов резко увеличились, что в целом привело к росту пиковых значений электропотребления, особенно в отдельные часы выходных и праздничных дней. Поэтому существующие системы электроснабжения реконструируемых жилых массивов и микрорайонов также нуждаются в серьезной и дорогостоящей реконструкции.

Учитывая высвобождение значительного количества природного газа (около 2,4 млн м³ в год на 16 000 жителей) в результате перевода горячего водоснабжения с проточных газовых водонагревателей на централизо-

ванную систему теплоснабжения, представляется возможным использовать этот газ на локальную выработку электроэнергии и даже тепловой энергии, особенно в периоды максимумов энергопотребления. Разработанные в последние годы блочные миниТЭЦ и газопоршневые установки позволяют в автоматическом режиме производить электроэнергию и теплоту в непосредственной близости от потребителей с высоким КПД, что делает их выгодными для покрытия особенно пиковых электрических нагрузок в реконструируемых микрорайонах. Для этих условий особое значение имеют не столько средние величины высвобожденных объемов газа, сколько расчетные значения расходов газа, на которые рассчитана существующая распределительная система газоснабжения.

В качестве примера уменьшения расчетного расхода газа при переводе горячего водоснабжения с газовых проточных водонагревателей на централизованное теплоснабжение можно привести расчеты для 60-квартирного пятиэтажного дома, оборудованного четырехконфорочными газовыми плитами для приготовления пищи с расчетным расходом газа $q_n = 1,1$ м³/ч и газовыми проточными водонагревателями с расчетным расходом газа $q_v = 2,1$ м³/ч. Тогда с учетом величины коэффициента одновременности в соответствии с СНБ 4.03.01-98 (приложение В, с. 79) для четырехконфорочных плит с проточными водонагревателями $K_{п+в} = 0,203$, а для только четырехконфорочных плит $K_{п+в} = 0,220$ расчетные расходы газа составят: $q_{п+в} = 60$ т у. т./ (кВт·ч) $\cdot 0,203(1,1 + 2,1) = 39$ м³/ч и $q_n = 60 \cdot 0,220 \cdot 1,1 = 14,6$ м³/ч, что примерно в 2,7 раза меньше.

Таким образом, в наиболее напряженные периоды энергопотребления только за счет одного 60-квартирного дома для миниТЭЦ высвобождается около 34,4 м³/ч природного газа, из которых можно выработать около 100–120 кВт электроэнергии и значительное количество теплоты.

Многие жилые здания, включая пятиэтажки старых жилых районов, оборудованы газовыми проточными водонагревателями, которые недостаточно безопасны и потребляют много природного газа (согласно СНБ 4.03.01-98, п. 6.3, в среднем в 1,5 раза больше, чем на приготовление пищи, и максимально примерно в два раза больше по сравнению с четырехконфорочной газовой плитой). Эти здания необходимо при модернизации или реконструкции переводить на централизованное горячее водоснабжение. При этом также высвобождаются значительные расчетные расходы газа, что позволяет обеспечить им надстроенные части старых строений и новые жилые здания без повышения пропускной способности существующей газораспределительной сети. Однако высокая неравномерность потребления горячей воды создает известные трудности, что требует нетривиального решения.

Общепринятым способом определения расчетных расходов горячей воды и теплоты [6] рекомендуется отдельно рассчитывать графики подачи теплоты на отопление в зависимости от параметров наружной атмосферы и на горячее водоснабжение в зависимости от времени суток, а также графики расхода воды по часам суток. При этом учитываются потери теплоты подающими теплопроводами. Однако регулирование расхода теплоты на отопление и горячее водоснабжение производится отдельно и независимо. Если изменение подачи теплоты на отопление производится сравнительно

медленно в соответствии с изменением температуры наружного воздуха, то изменение подачи теплоты на горячее водоснабжение может быть очень резким, например, в зоне прихода новых суток (24 ч), где расход теплоты [6, рис. 3.4] может в 3,3 раза (с $2,77 \cdot 10^5$ до $0,83 \cdot 10^5$ кДж/ч) и более превышать средний уровень.

При расчете теплотребления квартала [6, табл. 4.2] максимальные расходы теплоты на отопление и средние для горячего водоснабжения в климатических условиях г. Минска составляют соответственно 70 и 30 %. Для отдельных жилых зданий это соотношение зачастую может достигать 50 и 50 %, а коэффициент неравномерности теплотребления на горячее водоснабжение в течение суток может иметь значение 2,5 и более. Поэтому расчетное максимальное общее теплотребление жилого здания может быть значительно (на 20–30 %) больше необходимого по климатическому фактору, что является существенным недостатком.

В качестве примера методики расчета можно использовать предложенный в [3] способ совместного регулирования систем отопления и горячего водоснабжения с учетом применения балансового коэффициента $\chi = 1,2$ к среднему уровню расхода теплоты на горячее водоснабжение, основная часть которой должна компенсироваться за счет тепловой инерции зданий. Однако такая компенсация неравномерности, которая характеризуется коэффициентом $K_n = 2-3$, возможно, является необходимой для жилых зданий старой постройки с массивными стенами из кирпича и железобетонных плит и перекрытий при небольшом термическом сопротивлении ограждающих конструкций ($R \approx 1,0$ м²·°С/Вт), после тепловой модернизации зданий с увеличением термического сопротивления до $R \approx 2,5-3,5$ м²·°С/Вт за счет наружной облицовки теплоизолирующим слоем эта методика расчета не учитывает происходящих изменений, что является недостатком.

Задача реконструкции — уменьшение или устранение неравномерности теплотребления, связанной с неравномерностью расхода теплоты на горячее водоснабжение, повышение эффективности использования преимущества теплофикационного режима ТЭЦ и пропускной способности централизованной наружной распределительной системы теплоснабжения, а также условий применения регулирования подачи теплоты потребителям в зависимости от наружной температуры. Эта задача решается достижением технического результата посредством регулирования подачи теплоты для здания или группы зданий, горячее водоснабжение которых обеспечивается по централизованной схеме теплоснабжения от ТЭЦ, характеризующегося тем, что для каждого здания или группы зданий определяют суммарный максимальный расчетный расход теплоты на отопление и горячее водоснабжение в течение суток как сумму максимального расчетного расхода теплоты на отопление в течение суток и среднесуточного расчетного расхода теплоты на горячее водоснабжение, обеспечивают в зависимости от наружных климатических условий перераспределение расчетного расхода теплоты на отопление и среднесуточного расчетного расхода теплоты на горячее водоснабжение в зависимости от неравномерности в течение суток потребления горячей воды. При этом осуществляют регулирование распределения расхода теплоты между системами отопления и горячего водоснабжения при сохранении суммарного расчетного расхода теплоты на отопление и горячее во-

доснабжение не более суммарного максимального расчетного расхода теплоты на отопление и горячее водоснабжение для данного здания или группы зданий, а перераспределение теплоносителя в соответствии с его параметрами из распределительной системы теплоснабжения производится автоматически по сигналам датчиков температур.

При превышении часовым расчетным расходом теплоты на горячее водоснабжение по отношению к максимальному расчетному расходу теплоты на отопление в течение суток в соответствии с наружной температурой и к среднесуточному расходу теплоты на горячее водоснабжение регулирование подачи теплоты в здание производят не только по наружной температуре, но и по часам реализации максимального теплотребления на горячее водоснабжение. Достижение необходимого результата обеспечивается посредством предложенной методики при реконструкции отопления и горячего водоснабжения здания или группы зданий путем подачи расчетного расхода теплоты, который соответствует сумме суточного максимального расчетного расхода теплоты на отопление и среднесуточного расчетного расхода теплоты на горячее водоснабжение.

Учитывая небольшую (около 4 ч — с 20.00 до 24.00 [6, рис. 3.4]) продолжительность максимального теплотребления на горячее водоснабжение, для уменьшения общей пиковой нагрузки предлагается в период стояния наружных низких температур ограничить общее теплотребление здания суммарным значением максимального в течение данных суток расхода теплоты Q_t на отопление в соответствии с температурой наружного воздуха и среднесуточным расходом теплоты на горячее водоснабжение в соответствии с формулой

$$\Sigma Q_m = Q_t + Q_r, \quad (1)$$

где ΣQ_m — суммарный максимальный расчетный расход теплоты на отопление и горячее водоснабжение;

Q_t — максимальный расчетный расход теплоты на отопление в течение суток, кДж/ч;

Q_r — среднесуточный расход теплоты на горячее водоснабжение, кДж/ч.

При этом временные колебания теплотребления выше среднесуточного на горячее водоснабжение компенсируются за счет снижения подачи теплоты на отопление, что с учетом тепловой инерции здания может приводить к временному снижению температуры внутреннего воздуха на 1–2 °С. Зато в периоды пониженного теплотребления на горячее водоснабжение продолжается подача теплоты ΣQ_m , но с увеличением подачи теплоты в систему отопления, что приводит к плавному повышению температуры внутреннего воздуха на 1–2 °С от среднего расчетного уровня и вполне допустимо с точки зрения физиологии человека. При этом перераспределение теплоносителя в соответствии с его параметрами из распределительной системы теплоснабжения должно производиться автоматически по сигналам датчиков температур по специальной программе. При

$$Q_{rm} > Q_t + Q_r + Q_b, \quad (2)$$

где Q_{rm} — максимальный часовой расход теплоты на горячее водоснабжение, кДж/ч;

Q_t — расчетный расход теплоты на отопление, кДж/ч;

Q_r — среднесуточный расход теплоты на горячее водоснабжение, кДж/ч;

Q_b — расчетный расход теплоты на вентиляцию для общественных зданий, кДж/ч,

регулирование подачи теплоты в здание, жилой массив или район производят не только по наружной температуре, но и по часам приведенного условия, а при отсутствии отопления в теплый период года регулирование подачи теплоты производят по суточному графику потребления горячей воды.

Сущность предлагаемой методики управления режимом теплоснабжения поясняется рис. 3 и 4, на которых приведены графики потребления теплоты при различных условиях микрорайоном г. Минска (см. рис. 3), где проживает 16 045 человек, и 36-квартирным домом (см. рис. 4, почасовые графики).

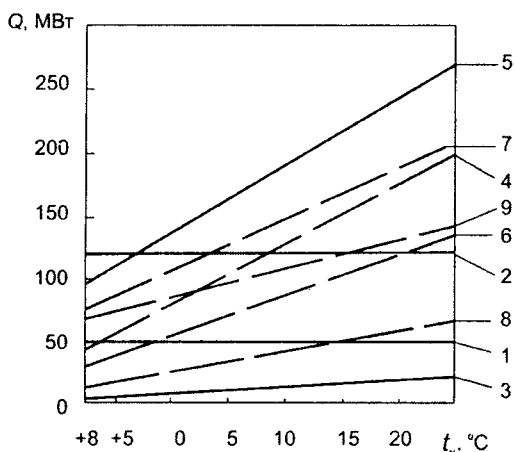


Рис. 3. Зависимость потребления теплоты от температуры наружного воздуха t_n жилым микрорайоном

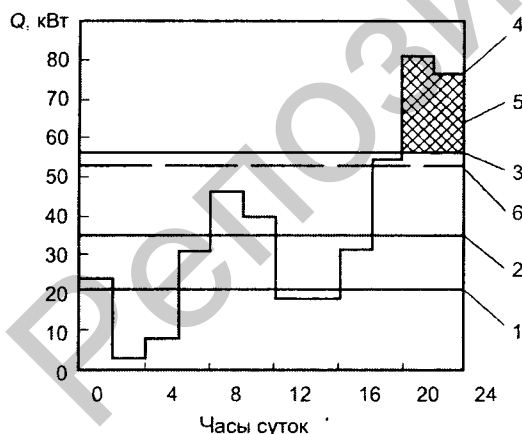


Рис. 4. Почасовой суточный график потребления теплоты на приготовление горячей воды 36-квартирным жилым домом

В качестве примера можно использовать результаты расчетов, приведенные в [3, рис. 4.2], для старого района города с климатологическими данными г. Минска, максимально потребляющего на отопление и вентиляцию жилых зданий $Q_{rm} = 200$ МВт, на вентиляцию общественных зданий $Q_{bm} = 20$ МВт и на горячее водоснабжение в среднем $Q_{rm} = 50$ МВт. Графики часовых расходов

теплоты в зависимости от наружной температуры приведены на рис. 3, где линии: 1 — средний расход теплоты на горячее водоснабжение; 2 — максимальный расход теплоты на горячее водоснабжение; 3 — расход теплоты на вентиляцию общественных зданий; 4, 6, 8 — расход теплоты на отопление и вентиляцию жилых зданий соответственно до и после тепловой модернизации всех зданий и использования теплообменников-рекуператоров "воздух — воздух" [2]; 5 — ΣQ — общий расход теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение до тепловой модернизации; 7 — то же после тепловой модернизации; 9 — то же после установки теплообменников-рекуператоров "воздух — воздух". Здесь линии 7 и 9 — возможный предельный общий расход теплоты в зависимости от наружной температуры.

Как видно из рис. 3, в случае тепловой модернизации зданий с уменьшением расхода теплоты на 30–35 % (линия 6) общий расход теплоты (линия 7) сравняется с максимальным расходом теплоты на горячее водоснабжение при наружной температуре $t_n \approx (-2)$ °C (точка 10, линия 2).

При оборудовании квартир теплообменниками-утилизаторами и дальнейшем снижении расхода теплоты на отопление и вентиляцию еще на 30–35 % (линия 9) от первоначального уровня до тепловой модернизации линия общего расхода теплоты на отопление и вентиляцию жилых зданий, горячее водоснабжение и вентиляцию общественных зданий пересечет максимальный уровень расхода теплоты на горячее водоснабжение с учетом $Q_{r,max} = 2,5Q_{r,ср}$ в точке 11 при $t_n \approx (-14)$ °C.

Следовательно, при тепловой модернизации только ограждающих конструкций зданий, начиная с наружной температуры $t_n < (-2)$ °C, необходимо регулирование подачи теплоты не только от t_n , но и почасовое регулирование, при котором максимальный часовой уровень расхода теплоты определяется пиком потребления на горячее водоснабжение при условии временного сокращения расхода теплоты на отопление в виде

$$\Sigma Q_m = Q_{r,max} = Q_t + Q_{rm} + Q_b, \quad (3)$$

где ΣQ_m — суммарный максимальный расчетный расход теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, кДж/ч;

Q_t — расчетный расход теплоты на отопление, кДж/ч;

$Q_{r,max}$ — максимальный часовой расход теплоты на горячее водоснабжение, кДж/ч;

Q_{rm} — среднесуточный расход теплоты на горячее водоснабжение, кДж/ч;

Q_b — расчетный расход теплоты на вентиляцию общественных зданий, кДж/ч.

В случае применения теплообменников-рекуператоров "воздух — воздух", когда расход теплоты на отопление изменяется по линии 8 (см. рис. 3), а общий расход теплоты — по линии 9, почасовое регулирование необходимо уже при $t_n \leq (-14)$ °C (точка 11). Как показывает анализ расчетов, графически приведенных на рис. 3, при проведении тепловой модернизации всех зданий и повсеместном использовании теплообменников-рекуператоров "воздух — воздух" максимальный общий расход теплоты можно уменьшить с 270 (см. рис. 3, линия 7) до примерно 135 МВт, то есть в два раза. При этом в случае $t_n = 8$ °C минималь-

ный общий расход теплоты можно уменьшить со 100 до 65 МВт, то есть уже только на 35 %, что является следствием влияния постоянства среднего расхода теплоты на горячее водоснабжение.

График возможного почасового регулирования расхода теплоты на горячее водоснабжение представлен на рис. 4 для следующего примера [3, срис. 3.4]. Используя данные графика расхода теплоты на отопление и горячее водоснабжение 36-квартирного дома при наружной температуре $t_n = 0$ °С, расход теплоты на отопление и вентиляцию здания после тепловой модернизации и установки квартирных теплообменников-рекуператоров "воздух — воздух" составляет примерно $Q = 21$ кВт (см. рис. 4, линия 1), а средний за сутки расход теплоты на горячее водоснабжение $Q_{гр.ср} = 35$ кВт (линия 2). Суммарный средний расход теплоты составляет $\Sigma Q_{ср} = 21 + 35 = 56$ кВт (линия 3). Максимальный расход теплоты на горячее водоснабжение с 20.00 до 22.00 составляет примерно $Q_{гр.мах} \approx 81$ кВт (линия 4), что соответствует коэффициенту неравномерности 2,3.

Как видно из рис. 4, в пиковом режиме с 20.00 до 24.00 необходимый уровень теплоснабжения дома из-за максимального потребления горячей воды значительно (в $81 : 56 = 1,45$ раза) даже без учета отопления превышает общий средний уровень теплопотребления. Поэтому в данном случае даже при полном использовании тепловой аккумулирующей способности здания подачи среднего общего количества теплоты на горячее водоснабжение явно недостаточно, и температура горячей воды станет гораздо ниже нормативной (55–60 °С), что вызовет справедливые претензии потребителей. Поэтому с 20.00 до 24.00 необходимо подать повышенные количества теплоты (81 кВт) должного качества (температуры). Следовательно, режим теплоснабжения жилого массива или микрорайона должен иметь возможность почасового регулирования (в основном качественного за счет повыше-

ния температуры горячего теплоносителя), при котором весь горячий теплоноситель используется на приготовление горячей воды. Однако подача дополнительного к среднему общему расходу теплоты за период с 20.00 до 24.00 повышает общий тепловой баланс за сутки. Поэтому среднечасовой расход теплоты на отопление и горячее водоснабжение можно уменьшить примерно на 3–4 кВт, и он составит около 53 кВт (см. рис. 4, линия 6).

При таком режиме потребления теплоты в качестве регулирующего параметра (сигнала) удобнее использовать не температурный, а тепловой (расход теплоты) показатель. В теплый период, когда отсутствует отопление, регулирование подачи теплоты следует производить в соответствии с почасовым графиком потребления горячей воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1 В связи с резким ростом стоимости энергетических ресурсов и необходимостью более полного использования ресурсов теплофикационного режима ТЭЦ представляется целесообразным некоторое снижение температуры горячего теплоносителя и соответствующего повышения теплоотдачи отопительных приборов, благодаря чему снижается температура обратного потока теплоносителя, что повышает эффективность теплофикационного режима ТЭЦ.
- 2 Регулирование подачи теплоты для отопления и горячего водоснабжения жилых зданий следует производить с учетом сглаживания пиков теплопотребления на горячее водоснабжение.
- 3 Предлагаемые меры по теплоснабжению могут существенно уменьшить стоимость реконструкции и дополнительной застройки старых жилых массивов и микрорайонов, а также дать существенную экономию энергоносителей и теплогенерирующих мощностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пилипенко, В. М. О преобразовании пятиэтажной жилой застройки / В. М. Пилипенко // Сб. "Решение проблем вентиляции и отопления при строительстве, модернизации и реконструкции зданий". — Минск: УП "Институт НИПТИС", 2000. — С. 4–10.
2. Данилевский, Л. Н. Исследования эффективности канальных теплообменников-рекуператоров "воздух — воздух" / Л. Н. Данилевский, В. И. Таурогинский // Строительная наука и техника. — № 4 (7). — 2006. — С. 36–41.
3. Теплоснабжение и вентиляция / Б. М. Хрусталева [и др.]. — Минск: Дизайн ПРО, 1997. — С. 384.
4. Яковлев, Б. В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения / Б. В. Яковлев. — Минск: Адукация, 2002. — 448 с.
5. Балабанович, В. К. Совершенствование схем и режимов работы теплофикационных паротурбинных установок / В. К. Балабанович. — Минск: ПолиБиг, 2000. — 188 с.
6. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. — М.: МЭИ, 2001. — 472 с.

Статья поступила в редакцию 28.05.2013.