

УДК 658.264

Алексахін Олександр Олексійович, канд. техн. наук, доцент кафедри теплофізики та молекулярної фізики. Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна. Майдан Свободи, 4, м. Харків, Україна, 61022. Тел. +38-096-251-06-13

ЗМІНА ПАРАМЕТРІВ ПІДГРІВНИХ УСТАНОВОК ПРИ ПЕРЕХОДІ ДО ДВОТРУБНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ МІКРОРАЙОНУ

Запропоновано формули для визначення за укрупненими показниками зміни площі теплопередачі та витрат води з теплових мереж при відмові від загальноквартирної підігрівної установки гарячого водопостачання (ВПУ), яку приєднано до теплових мереж за двоступінчастою схемою, та облаштуванні індивідуальних одноступінчастих ВПУ у будівлях житлової групи. Показано можливість використання формул для оцінок на попередніх етапах проектування.

Ключові слова: централізоване теплопостачання, водопідігрівна установка, енергозбереження.

Алексахин Александр Алексеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры теплофизики и молекулярной физики. Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, г. Харьков, Украина. Площадь Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61022. Тел. +38-096-251-06-13

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДОГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРИ ПЕРЕХОДЕ К ДВУХТРУБНОЙ СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА

Предложены формулы для определения по укрупненным показателям изменения площади теплопередачи и расхода сетевой воды при отказе от общеквартирной подогревательной установки горячего водоснабжения (ВПУ), присоединенной к тепловым сетям по двухступенчатой схеме, и установке в зданиях жилой группы индивидуальных одноступенчатых ВПУ. Показана возможность применения полученных формул для оценок на предварительных этапах проектирования.

Ключевые слова: централизованное теплоснабжение, водонагревательная установка, энергосбережение.

Aleksahin Alexander Alekseevich, cand. of techn. sciences, associate professor in the department of thermal and molecular physics. V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine. Svobody Sq. 4, 61022, Kharkiv, Ukraine. Tel. +38-096-251-06-13

CHANGING SETTINGS HEATING SETTINGS DURING THE TRANSITION TO TWO-PIPE HEATING SYSTEM OF THE RESIDENTIAL DISTRICT

The proposed formula for defining on the integrated indicators of changes in the heat transfer area and flow rate of network water when abandoning observatories heater installation hot water supply (SPM) attached to calorific nets on a two-stage scheme, and the installation in buildings of residential group individual single-stage SPMS. The possibility of application of the obtained formulas for the estimates at the preliminary stages of design.

Keywords: district heating, water heater, saving energy.

Введение

Заметного эффекта снижения энергопотребления в системах централизованного теплоснабжения городов можно добиться реформированием существующих микрорайонных систем, особенностью которых является наличие микрорайонных узлов управления (центральных тепловых пунктов - ЦТП) с размещенными на них теплообменными аппаратами горячего водоснабжения. Наличие общей водоподогревательной установки в микрорайонной системе обуславливает четырехтрубную распределительную сеть и существенные потери теплоты при транспортировке. Уменьшения длины микрорайонных сетей можно достичь, например, переходом к двухтрубным сетям с устройством подогревательных установок горячего водоснабжения на индивидуальных тепловых пунктах зданий. При этом следует ожидать изменения суммарной поверхности теплообменников и расхода греющего теплоносителя из тепловых сетей. На начальных этапах проектирования при анализе вариантов исполнения микрорайонных систем могут быть полезны упрощенные методики нахождения параметров подогревателей горячего водоснабжения с использованием укрупненных характеристик застройки жилых групп.

Основная часть

Целью данной работы является получение расчетных зависимостей, требующих небольшого объема исходных данных, для оценки изменения площади теплопередачи подогревательных установок (ВПУ) горячего водоснабжения и расхода сетевой воды при переходе к двухтрубным микрорайонным сетям.

Для присоединения теплообменников горячего водоснабжения применяют одноступенчатые и двухступенчатые схемы [1, 2]. Применение двухступенчатых схем обусловлено стремлением использовать теплоту теплоносителя после системы отопления, что позволяет уменьшить расход теплоносителя из теплосети для работы установки горячего водоснабжения. Выбор схемы присоединения определяется соотношением максимальных тепловых нагрузок горячего водоснабжения и отопления $\gamma = Q_{h,max}/Q_{o,max}$ [3]. Расчет подогревателей горячего водоснабжения выполняют на максимальную тепловую нагрузку, которую для жилых зданий можно определить по формуле [3].

$$Q_{h,max} = a \cdot m \cdot C \cdot (t_{\Gamma} - t_{\chi}) (K_{\chi} + K_{\text{ТП}}) / T, \quad (1)$$

где a – суточная норма потребления горячей воды;

$K_{\text{ТП}}$ – коэффициент, зависящий от типа системы горячего водоснабжения и особенностей ее исполнения (для систем с полотенцесушителями при наличии внешних распределительных сетей горячего водоснабжения от ЦТП рекомендуется $K_{\text{ТП}} = 0,35$, при отсутствии внешних распределительных сетей горячего водоснабжения – $K_{\text{ТП}} = 0,3$);

T – временной интервал, с;

t_{Γ} , t_{χ} – температура горячей и холодной воды;

C – удельная теплоемкость воды;

K_{χ} – коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды

Для жилых групп, застроенных зданиями с однотипными системами горячего водоснабжения, коэффициент часовой неравномерности зависит только от числа жителей m . При $m \geq 10000$ K_{χ} – величина постоянная и равная 2,6. Обобщение приведенных в [3] данных позволило для диапазона $150 \leq m \leq 3000$ получить расчетную зависимость:

$$m(K_{\chi} + K_{\text{ТП}}) = 129 \cdot m^{0,817}. \quad (2)$$

С учетом того, что норма водопотребления для жилых зданий (принято $a = 105 \text{ л/сутки} \cdot \text{чел.}$) и температура горячей и холодной воды ($t_{\Gamma} = 60^{\circ}\text{C}$, $t_{\chi} = 5^{\circ}\text{C}$) – величины постоянные и, принимая во внимание уравнение (2), максимальный расход теплоты для горячего водоснабжения отдельного здания равен:

$$Q_{h,max} = P \cdot 129 \cdot m^{0,817}, P = a \cdot C \cdot (t_{\Gamma} - t_{\chi}) / T, \quad (3)$$

Площадь поверхности теплообмена для подогревателя горячего водоснабжения отдельного жилого здания из уравнения теплопередачи равна:

$$F = Q_{h,max} / K \cdot \Delta t, \quad (4)$$

где K – коэффициент теплопередачи;

Δt – средняя логарифмическая разница температур сред в теплообменном аппарате.

Коэффициент теплопередачи зависит как от интенсивности теплоотдачи в каналах для движения греющей и нагреваемой сред, так и от термического сопротивления стенок теплопередающей поверхности и отложений на них. По данным [4] коэффициент теплопередачи подогревателей горячего водоснабжения после 5,5 месяцев эксплуатации из-за увеличения слоя отложений на стенках уменьшается на 10%, а через 10 месяцев эксплуатации – на 20 %. В соответствии с [4], суммарное термическое сопротивление отложений на стенках пластинчатых водо-водяных теплообменных аппаратов составляет $0,00043 \text{ м}^2\text{C/Вт}$, что существенным образом влияет на интенсивность теплопередачи в

аппарате. Расчет площади поверхности теплообменников горячего водоснабжения производят [1, 2] по минимальной температуре греющего теплоносителя в тепловой сети (в точке излома температурного графика качественного регулирования отпуска теплоты). Средняя логарифмическая разница температур в общем виде равна:

$$\Delta t = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / \ln \left(\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} \right), \quad (5)$$

где $\Delta t_6, \Delta t_m$ – большая и меньшая разница температур сред в аппарате.

Для условий одноступенчатого присоединения аппаратов и рекомендованных значениях температур нагреваемой воды, а также сетевой воды на входе и выходе водоподогревателей, соответственно, $\tau_1 = 77 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau_3 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, средняя логарифмическая разница температур – величина постоянная и равна $\Delta t = 20,74 \text{ }^\circ\text{C}$. После преобразований уравнение (4) для отдельного здания принимает вид:

$$F_{30} = 0,108 m_{30}^{0,817}. \quad (6)$$

При числе жителей $m_m \geq 10000$ максимальный расход теплоты для горячего водоснабжения микрорайона ориентировочно равен:

$$Q_m = P \cdot 295 m_m. \quad (7)$$

Для присоединения теплообменников горячего водоснабжения на центральном тепловом пункте микрорайона используют, как правило, двухступенчатые схемы [2, 5]. Тепловая производительность аппаратов первой и второй ступеней при двухступенчатой смешанной схеме присоединения ВПУ соответственно равна:

$$Q = Q_m \cdot (t_{h1} - t_x) / (t_r - t_x), \quad (8)$$

$$Q_2 = Q_m - Q. \quad (9)$$

Выбор температуры нагрева воды на первой ступени t_{h1} определяет соотношение площадей поверхности теплообмена ступеней и общую площадь нагрева ВПУ. Рекомендовано указанную температуру принимать на уровне 30–37 $^\circ\text{C}$. Температура сетевой воды на выходе первой ступени ВПУ равна:

$$\tau_1'' = \tau_2' - Q / C \cdot G_1. \quad (10)$$

Для двухступенчатой смешанной схемы присоединения аппаратов горячего водоснабжения рекомендованные расчетные значения температуры сетевой воды составляют $\tau_1' = 77 \text{ }^\circ\text{C}$ (подающий трубопровод теплосети), $\tau_2' = 42 \text{ }^\circ\text{C}$ (обратный трубопровод). Расход сетевой воды через первую по ходу движения нагреваемой воды ступень двухступенчатой смешанной установки равен сумме расходов через вторую ступень G_2 и через систему отопления зданий G_o .

$$G_1 = G_2 + G_o, \quad (11)$$

$$G_2 = Q_2 / C \cdot (\tau_1' - \tau_2'), \quad (12)$$

$$G_o = Q_{o,max} / C \cdot (\tau_1 - \tau_2), \quad (13)$$

где τ_1, τ_2 – температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах теплосети при расчетном для отопления режиме (в расчетах принято соответственно 150 $^\circ\text{C}$ и 70 $^\circ\text{C}$).

С учетом уравнений (11-13) выражение (10) принимает вид:

$$\tau_1'' = \frac{\tau_2' - (t_{h1} - t_x) / (t_r - t_x)}{\frac{1 - (t_{h1} - t_x) / (t_r - t_x)}{(\tau_1' - \tau_2')} + (\tau_1 - \tau_2) \cdot \gamma}. \quad (10-1)$$

Площадь теплопередачи водоподогревательной установки для двухступенчатой смешанной схемы присоединения равна сумме площадей поверхности теплообменников ступеней:

$$F = Q_{h,\max} \left[\frac{(t_{h1} - t_x)/(t_r - t_x)}{K_1 \cdot \Delta t_1} + \frac{1 - (t_{h1} - t_x)/(t_r - t_x)}{K_2 \cdot \Delta t_2} \right]. \quad (14)$$

где K_1, K_2 – коэффициенты теплопередачи на ступенях;

$\Delta t_1, \Delta t_2$ – средняя логарифмическая разница температур на каждой из ступеней.

Для условий противоточной схемы движения сред в теплообменных аппаратах средняя логарифмическая разница температур на каждой из ступеней равна:

$$\Delta t_1 = \frac{(\tau_1' - t_x) - (\tau_2' - t_{h1})}{\ln \left[\frac{(\tau_1' - t_x)}{(\tau_2' - t_{h1})} \right]}, \Delta t_2 = \frac{(\tau_1' - t_r) - (\tau_2' - t_{h1})}{\ln \left[\frac{(\tau_1' - t_r)}{(\tau_2' - t_{h1})} \right]}, \quad (15)$$

С учетом уравнений (6), (7) и результатов вычислений по формуле (14) для значений температуры $27 \leq t_{h1} \leq 37^\circ\text{C}$ и диапазона изменения максимальных тепловых нагрузок групп зданий $0,6 \leq \gamma \leq 1$ формула для нахождения соотношения площадей поверхности теплообменников горячего водоснабжения при двухтрубной и четырехтрубной схемам теплоснабжения микрорайона имеет вид:

$$\frac{\sum_{i=1}^n F_i}{F_{\text{цпн}}} = \frac{0,108 \sum_{i=1}^n m_i^{0,817}}{\left[0,0372 + \frac{\gamma}{860 - 21,8 \cdot t_{h1}} \right] \cdot m}. \quad (16)$$

Результаты расчетов по предложенной формуле сопоставлены с приведенными в [6] данными, полученными для идеализированных групп жилых зданий, основные характеристики которых приведены в табл.1. При вычислениях предполагалось, что на лестничной клетке каждого здания проживает 14 человек, а расход воды жителями одной квартирой составляет 367,5л в сутки. Предполагалось, что на индивидуальных тепловых пунктах зданий установлены пластинчатые теплообменники с площадью поверхности пластины $0,1\text{ м}^2$. Расчет аппаратов выполнен по методике [2]. В табл. 2 приведено сравнение результатов определения параметров водоподогревательных установок при четырехтрубной и двухтрубной системе организации теплоснабжения для некоторых микрорайонов Салтовского жилмассива г. Харькова. По данным КП ХТС о потребности в тепловой энергии для отопления отдельных зданий найден расход теплоты на отопление микрорайона в целом. Максимальный расход теплоты для горячего водоснабжения отдельных зданий рассчитан с учетом изменения коэффициентов часовой неравномерности потребления горячей воды. В расчетах принят расход горячей воды отдельной квартирой 367,5 л/сутки. Максимальная тепловая нагрузка горячего водоснабжения микрорайона рассчитана по суммарной численности потребителей горячей воды микрорайона и соответствующему ей значению коэффициента часовой неравномерности потребления воды. Схема присоединения теплообменных аппаратов микрорайонной ВПУ к тепловой сети принята двухступенчатая смешанная, температура нагрева воды на первой ступени – $t_{h1} = 32^\circ\text{C}$. Предполагалось, что на ТРС микрорайонов установлены пластинчатые теплообменники с площадью поверхности пластины $0,3\text{ м}^2$. Поверхность теплообмена найдена расчетным путем с применением методики [7]. Полученные данные свидетельствуют о достаточной для предварительных оценок точности предложенной формулы. Относительная погрешность вычислений для вариантов исполнения идеализированных групп зданий не превосходит 4 %, для реальных микрорайонов – 11 %.

В связи с применением на индивидуальных тепловых пунктах зданий одноступенчатой схемы присоединения и увеличением потребления горячей воды из-за изменения коэффициентов часовой неравномерности водопотребления при переходе на двухтрубную

микрорайонную сеть следует ожидать увеличения расхода греющего теплоносителя. Использование уравнений (3), (7), (11), (12) позволяет получить формулу для выполнения таких оценок. С учетом того, что при двухступенчатой смешанной схеме присоединения теплообменников горячего водоснабжения через первую ступень проходит общий для теплоснабжения группы зданий расход сетевой воды G_1 , после преобразований получаем расчетную зависимость для указанных ранее температур теплоносителя:

$$\frac{\sum_{i=1}^n G_i}{G_{\text{итп}}} = \frac{0,093 \frac{\sum_{i=1}^n m_i^{0,817}}{m} + \frac{0,0125}{\gamma}}{0,00052(t_r - t_{\text{н1}}) + \frac{0,0125}{\gamma}}, \quad (17)$$

где i - номер здания в рассматриваемой группе.

Сравнения применения формулы (17) и расчетов для идеализированных и реальных групп зданий выполнено в табл.1 и табл. 2.

Таблица 1

Сравнение результатов расчетов параметров ВНУ для вариантов исполнения идеализированных групп зданий

Показатель \ Вариант	1	2	3	4	5
Число жителей, чел	10010	9968	10080	10080	10080
Общее число зданий	36	24	20	13	15
Средняя этажность	5	6,75	9	11	12,6
Вычисления по ф-ле (16)	1,23	1,125	1,104	1,01	1,03
Результаты расчетов[6]	1,24	1,14	1,11	1,014	1,07
Погрешность вычисления площадей, %	-0,8	-1,2	-0,67	-0,6	-3,8
Вычисления по ф-ле (17)	1,37	1,30	1,28	1,22	1,24
Результаты расчетов[6]	1,32	1,26	1,24	1,30	1,21
Погрешность вычисления расходов воды, %	3,6	3,3	3,5	5,8	2,5

Таблица 2

Сравнение результатов расчетов для микрорайонов

Показатель \ ТРС	607-1	606-1	520-1	604-1	521-1
Расчетное число жителей	17339	13243	13098	9598	16080
Количество жилых зданий	36	32	33	27	28
Средняя этажность	6,4	10,8	6,3	6,8	9,5
Максимальный расход теплоты, МВт:					
- отопление	15,61	15,94	9,96	12,72	19,08
- горячее водоснабжение	14,31	10,93	10,81	7,37	13,28
Соотношение расходов теплоты	0,9	0,7	1,1	0,6	0,7
Вычисления по ф-ле (16)	1,0	1,08	0,93	1,0	1,042
Результаты расчетов[6]	0,90	1,04	0,87	1,09	0,97
Погрешность вычисления площадей, %	11,0	3,8	6,9	-7,8	7,4
Вычисления по ф-ле (17)	1,46	1,60	1,41	1,445	1,38
Результаты расчетов[6]	1,465	1,72	1,456	1,40	1,49
Погрешность вычисления расходов воды, %	-0,5	-6,9	-3,4	3,6	-7,3

Относительная погрешность вычислений для вариантов исполнения идеализированных групп зданий не превосходит 6 %, для реальных микрорайонов – 8 %.

Выводы

1. Предложены формулы для нахождения соотношения площадей поверхности теплообменников горячего водоснабжения и расходов сетевой воды для двухтрубной и четырехтрубной схем теплоснабжения жилой группы зданий по укрупненным показателям застройки.

2. Выполнена оценка относительной погрешности применения предложенных зависимостей, свидетельствующая о возможности их применения для предварительных расчетов.

Список использованной литературы:

1. Тарадай А. М. Основы разработки пластинчатых теплообменников для систем теплоснабжения [Текст] / А. М. Тара дай. – Харьков: Основа, 1998. – 192 с.
2. Методические указания по тепловым и гидравлическим расчетам пластинчатых теплообменников (водонагревателей), применяемых в системах теплоснабжения [Текст]. – К.: 1998. – 49 с.
3. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения [Текст] / Н. Н. Чистяков, М. М. Грудзинский, В. И. Ливчак и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 314 с.
4. Теплообменники пластинчатые. Методы тепловых и гидравлических расчетов [Текст]: Руководящий технический материал, РТМ 26-01-36-70, 1979. – 256 с.
5. Повышение эффективности работы тепловых пунктов [Текст] / Н. М. Зингер, В. Г. Бестолченко, А. А. Жидков. – М.: Стройиздат, 1990. – 185 с.
6. Алексахин А. А. Оценка изменения теплообменной поверхности водоподогревателей при переходе на двухтрубную микрорайонную систему теплоснабжения [Текст] // Коммунальное хозяйство городов. Науч.-техн. сб. Вип.110, Харків. 2013. – С. 131–135.

References:

1. Taradaj A. M. (1998), [Osnovy razrabotki plastinchatyh teploobmennikov dlja sistem teplosnabzhenija [Tekst] / A. M. Taradaj; – Har'kov: Osnova.] – 192 p.
2. [Metodicheskie ukazanija po teplovym i gidravlicheskim raschetam plastinchatyh teploobmennikov (vodonagrevatelej), primenjaemyh v sistemah teplosnabzhenija] [Tekst]. – K.: 1998. – 49p.
3. N. N. Chistjakov, M. M. Grudzinskij, V. I. Livchak (1988), [Povyshenie jeffektivnosti raboty sistem gorjachego vodosnabzhenija] [Tekst] / – M.: Strojizdat, – 314 p.
4. [Teploobmenniki plastinchatye. Metody teplovyh i gidravlicheskih raschetov [Tekst]: Rukovodjashhij tehničeskij material], RTM 26-01-36-70, 1979. – 256 p.
5. N. M. Zinger, V. G. Bestolchenko, A. A. Zhidkov (1990), [Povyshenie jeffektivnosti raboty teplovyh punktov] [Tekst] / – M.: Strojizdat, – 185 p.
6. Aleksahin A. A. (2013), [Ocenka izmenenija teploobmennoj poverhnosti vodopodogrevatelej pri perehode na dvuhtrubnuju mikrorajonnuju sistemu teplosnabzhenija [Tekst] // Komunal'ne gospodarstvo mist. nauk.-tehn. zb.]. Vip.110, Harkiv. – P. 131–135.

Поступила в редакцию 20.07 2015 г.