

УДК 697.34

## **ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМУ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ**

*С.В. Панферов, Е.А. Яновская*

Рассматривается задача исследования особенностей перехода к низкотемпературному теплоснабжению в жилищно-коммунальной сфере. Получены соотношения, позволяющие оценить изменение линейной плотности тепловых потерь. Показано, несмотря на увеличение площади поверхности теплообмена из-за увеличения диаметров трубопроводов тепловые потери в реальных условиях уменьшаются, что способствует решению задачи энергосбережения. Результаты работы могут быть использованы при проектировании и технико-экономическом обосновании низкотемпературных систем теплоснабжения.

Ключевые слова: низкотемпературное теплоснабжение, температура теплоносителя, относительное изменение линейной плотности теплового потока, диаметр трубопроводов.

Как известно [1–4], в настоящее время достаточно актуальной является проблема низкотемпературного теплоснабжения. При этом следует иметь в виду, что для доставки потребителям требуемого количества теплоты при пониженных параметрах теплоносителя необходимо увеличить его расход. Это, в свою очередь, потребует увеличения пропускной способности тепловых сетей либо за счет прокладки и монтажа новых тепловых трасс, что связано с большими капитальными затратами, либо за счет установки более мощных сетевых насосов, что неизбежно приведет к росту расхода электрической энергии на перекачку теплоносителя [1–4]. Понятно, что для принятия окончательного решения необходимо произвести детальное сравнение достоинств и недостатков обоих вариантов реализации. В данной статье исследуется вопрос о том, как изменятся тепловые потери в том случае, если будет выбран первый вариант увеличения пропускной способности тепловых сетей, т. е. за счет прокладки труб большего диаметра.

Как известно, температура теплоносителя оказывает существенное влияние на плотность потока тепловых потерь при транспортировке. В связи с этим было бы полезно оценить изменение тепловых потерь при транспортировке в зависимости от изменения температуры теплоносителя.

Линейная плотность теплового потока неизолированного теплопровода зависит от температуры теплоносителя и наружного воздуха и определяется по формуле:

$$q = \frac{\pi \cdot (t - t_n)}{\alpha \cdot D} \quad (1)$$

Здесь  $t, t_n$  – соответственно температура теплоносителя и наружного воздуха,  $D$  – наружный диаметр теплопровода,  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи для его внешней поверхности.

В низкотемпературных системах из-за снижения температуры теплоносителя, а также и из-за увеличения диаметра трубопроводов изменится плотность теплового потока. Изменение плотности теплового потока обозначим через  $\Delta q$ , а изменение диаметра теплопровода из-за реконструкции через  $\Delta D$ . Тогда зависимость (1) переписется в следующем виде:

$$q + \Delta q = \frac{\pi \cdot (t + \Delta t - t_n)}{\alpha \cdot (D + \Delta D)} \quad (2)$$

Для упрощения выкладок примем, что значение суммарного коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  не зависит ни от температуры теплоносителя, ни от температуры наружного воздуха.

После несложных преобразований получим, что:

$$\frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta t/t}{1 - t_n/t} \cdot \left(1 + \frac{\Delta D}{D}\right) + \frac{\Delta D}{D} \quad (3)$$

Понятно, что при реализации первого варианта изменение диаметра должно быть таким, чтобы суммарные потери давления при прокачке увеличенного расхода остались прежними. Кроме того, также очевидно, что переносимый через увеличенное сечение теплопровода тепловой поток тоже должен быть прежним. С учетом этого, нетрудно показать [1–4], что

$$\frac{\Delta D}{D} = \left(1 - \frac{\frac{\Delta t}{t}}{1 + \frac{\Delta t}{t}}\right)^{8/21} - 1 \quad (4)$$

Поэтому формула (3) переписется в виде

$$\frac{\Delta q}{q} = \left(1 - \frac{\frac{\Delta t}{t}}{1 + \frac{\Delta t}{t}}\right)^{8/21} \cdot \left(\frac{\frac{\Delta t}{t}}{1 - \frac{t_n}{t}} + 1\right) - 1 \quad (5)$$

Для упрощения записи введем следующие обозначения:

$$\frac{\Delta q}{q} = y; \quad \frac{\Delta t}{t} = x; \quad 1 - \frac{t_n}{t} = a,$$

тогда последняя зависимость переписется в виде:

$$y = \left(1 - \frac{x}{1+x}\right)^{8/21} \cdot \left(\frac{x}{a} + 1\right) - 1 \quad (6)$$

Пусть температура теплоносителя равна  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температура наружного воздуха равна  $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тогда  $a = 1,23$ . Для данных условий график зависимости изменения линейной плотности теплового потока от изменения температуры теплоносителя представлен на рис. 1.

Данный график при таких условиях представляет собой практически прямолинейную зависимость и показывает, что с уменьшением температуры теплоносителя тепловые потери уменьшаются, несмотря на то, что из-за увеличения площади поверхности теплопроводов вследствие увеличения их диаметра (с увеличением площади поверхности теплообмена) тепловые потери, казалось бы, должны возрасти.

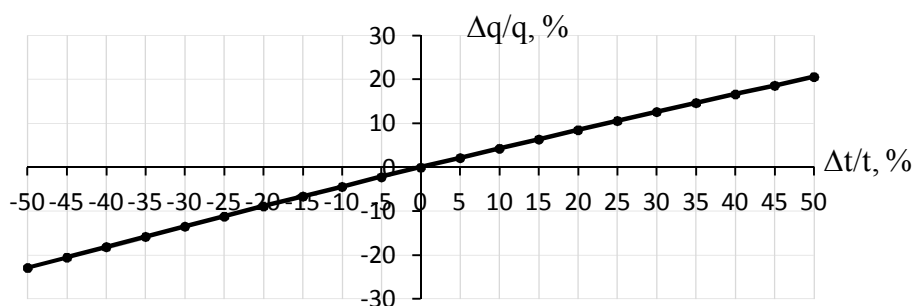


Рис. 1. Зависимость относительного изменения линейной плотности теплового потока от относительного изменения температуры теплоносителя

Однако в случаях, когда температура теплоносителя слишком низкая и диаметры тепловой трассы большие (соответственно, большая площадь поверхности теплообмена, в графике функции (6)) появляется четко выраженный экстремум. Экстремум свидетельствует о наличии такой температуры, после которой дальнейшее снижение температуры теплоносителя приводит к росту тепловых потерь, даже если теплопровод изолирован.

Например, если температура теплоносителя равна всего  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температура наружного воздуха  $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то параметр  $a = 2,13$ , в этом случае график рассматриваемой зависимости будет иметь вид, приведенный на рис. 2.

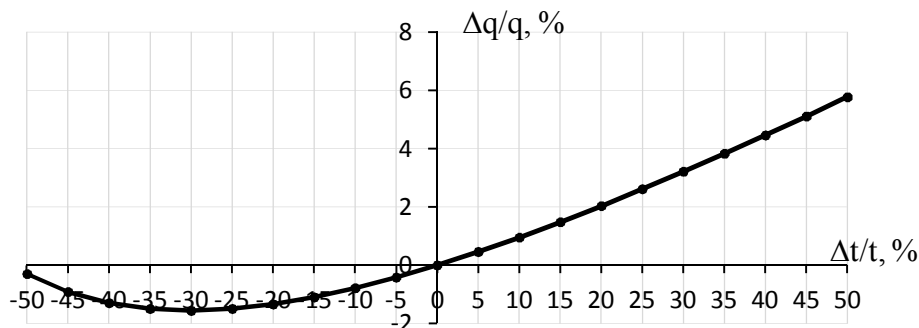


Рис. 2. Зависимость относительного изменения линейной плотности теплового потока от относительного изменения температуры теплоносителя при заметно низкой температуре теплоносителя

Библиографический список

1. Panferov, V.I. The Heat Carrier Flow Control in Heat Transport Systems / V.I. Panferov, S.V. Panferov // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2016. – Т. 16. – № 3. – С. 32–39. DOI: 10.14529/ctcr160304.

2. Панферов, В.И. Управление температурой и расходом теплоносителя в тепловых сетях / В.И. Панферов, О.Ф. Гавей // Энергосбережение и водоподготовка. – 2016. – № 5(103). – С. 66–69.

3. Панферов, В.И. Управление низкотемпературным теплоснабжением инженерных объектов / В.И. Панферов, Н.А. Тренин, С.В. Панферов // Военный научно-практический вестник. – 2016. – № 2(5). – С. 25–30.

4. Панферов, С.В. Управление отоплением зданий при низкотемпературных режимах теплоснабжения / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2018. – Т. 18. – № 3. – С. 60–67. DOI: 10.14529/build180309.

[К содержанию](#)