

УДК 697.34

*Канд. техн. наук В.В. Савенко*

## ОШИБКИ В РАСЧЕТАХ РАСХОДА ТЕПЛОТЫ НА ОТОПЛЕНИЕ

*Представил д-р техн. наук, профессор С.А. Ероценков*

**Введение.** Определение расходов теплоты на отопление зданий и сооружений необходимо для проектирования систем отопления, тепловых сетей и источников теплоты, а также для качественного обеспечения теплотой потребителей при эксплуатации систем теплоснабжения. Такие данные нужны для отдельных зданий или их составных частей, отдельных микрорайонов, систем теплоснабжения в целом. Чаще всего требуется определять расчетную тепловую мощность  $Q_{op}$  и расход теплоты  $Q_{год}$  за отопительный период (год).

**Анализ публикаций.** Величину  $Q_{op}$  рассчитывают в соответствии с требованиями нормативного документа [1]. При этом, если говорить коротко, определяют потери теплоты через наружные ограждения зданий, к ним добавляют затраты теплоты на инфильтрацию и вычитают внутренние тепловыделения.

Расход теплоты  $Q_{год}$  можно определить путем построения годового графика [2, 3] с использованием метеорологических данных для конкретной местности. Без построения такого графика ту же величину можно определить по формуле [1]

$$Q_{год} = 0,086 Q_{op} S abc \frac{1}{t_{вр} - t_{нр}}, \quad (1)$$

где  $S$  – количество градусо-суток отопительного периода для данной местности;

$a, b, c$  – коэффициенты, учитывающие снижение расходов теплоты при наличии в системе различных устройств автоматического регулирования;

$t_{вр}$  – расчетная температура воздуха в отапливаемом помещении;

$t_{нр}$  – расчетная для систем отопления температура атмосферного воздуха.

Значения величины  $S$  приведены в работе [1] для разных городов Украины, например для Харькова  $S = 3799$  градусо-суток. Эта величина установлена для помещений с  $t_{вр} = 18^{\circ}\text{C}$ . Для помещений с другой температурой  $t_{вр}$  количество градусо-суток в работе [1] рекомендуется определять умножением на коэффициент

$$K_{2-c} = \frac{t_{вр} - t_{нсп}}{18 - t_{нсп}}, \quad (2)$$

где  $t_{нсп}$  – средняя за отопительный период температура наружного воздуха.

Имеется еще методика расчета  $Q_{год}$ , рекомендуемая в ДБН В.2.6-31:2006, которая отличается от приведенной в работе [1]. Методика тоже основана на

$$Q_{год} = Q_{op} \frac{t_{вр} - t_{нсп}}{t_{вр} - t_{нр}} \tau_o abc, \quad (4)$$

где  $\tau_o$  – продолжительность отопительного периода.

Формула (4) является другой формой записи формулы (1). Сравнивая эти формулы, видим, что не было необходимости вводить в формулу (1)

величине  $S$ , но эта методика требует отдельного рассмотрения.

**Цель работы.** Практические расчеты показывают, что расходы теплоты  $Q_{год}$ , определенные по годовому графику и по формуле (1), не совпадают, причем с существенной разницей. Методика определения  $Q_{год}$  по годовому графику не вызывает сомнений, поэтому был проведен анализ формулы (1), который показал следующее.

**Основная часть.** Выяснилось, что странная для технических зависимостей величина  $S$  в неприменяемых в технической литературе единицах заимствована, очевидно, из работы [4], где она определяется по формуле

$$S = (t_{вр} - t_{нсп}) Z, \quad (3)$$

где  $Z$  – длительность отопительного периода, сут.

Подставим в формулу (1) значение  $S$  по формуле (3) вместе с поправкой по формуле (2) и уберем из формулы (1) коэффициент 0,086, который в ней присутствует для перевода одних единиц измерения в другие. Тогда получим

выпадающую из принятой системы единиц величину  $S$ , а также температуру  $18^{\circ}\text{C}$  и поправку по формуле (2). Формула (4) становится полноценной формулой,

применимой для разных температур  $t_{вр}$  и разных единиц измерения входящих в нее величин. Сказанное относится только к форме записи, но по содержанию формулы (1) и (4) не могут давать достоверных результатов по следующей причине.

Из указанных выше трех составляющих, которые учитываются при расчете  $Q_{op}$ , две первые относятся к потерям теплоты (через наружные ограждения и на инфильтрацию), а третья – к притоку теплоты в помещение от внутренних источников. Потери теплоты зависят от температуры атмосферного

воздуха, а внутренние тепловыделения не зависят. Без учета этих особенностей разных составляющих величины  $Q_{op}$  получим недостоверные результаты. Это хорошо видно из графиков зависимости рассматриваемых величин от температуры  $t_n$  атмосферного воздуха, приведенных на рис. 1, где  $Q_{mn}$  – мощность тепловых потерь;  $Q_o$  – тепловой поток на отопление;  $Q_{вт}$  – мощность внутренних тепловыделений.

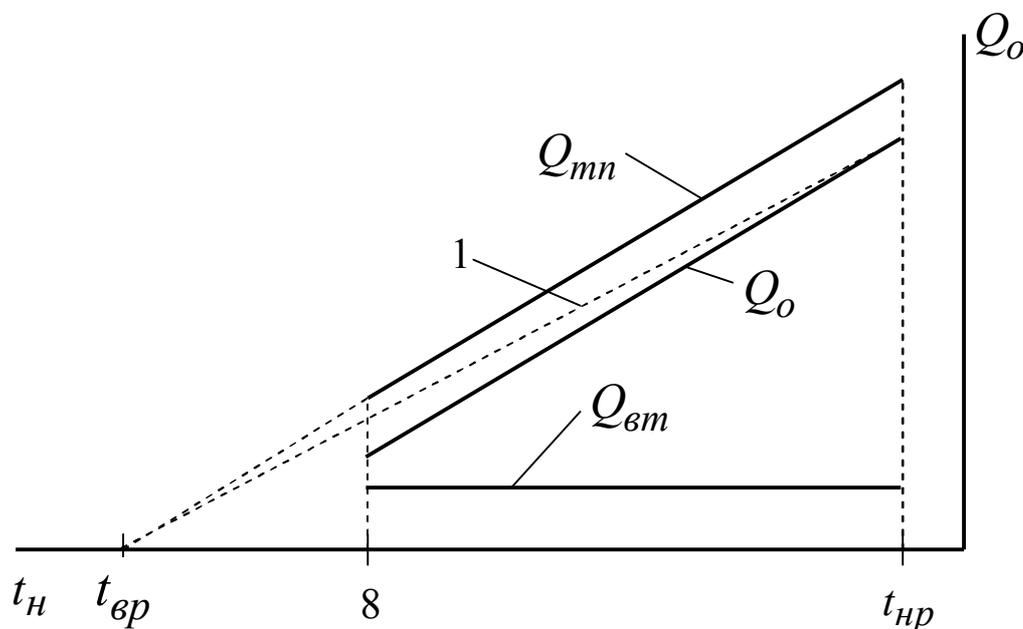


Рис. 1. Общий вид графика зависимости  $Q_o = f(t_n)$  для зданий с внутренними тепловыделениями

Как видно из рис. 1, если определять величину  $Q_o$  как разность между  $Q_{mn}$  и  $Q_{вт}$ , то график изменения  $Q_o$  от температуры  $t_n$  должен соответствовать приведенному на рисунке. Если не учитывать, что  $Q_{mn}$  и  $Q_{вт}$  изменяются

по-разному, то изменение  $Q_o$  должно соответствовать графику 1, показанному пунктиром. Формулы (1) и (4), полученные на основе графика 1, будут давать результаты, завышенные по сравнению с действительными. Достоверную формулу для определения  $Q_{год}$  легко получить,

если рассматривать отдельно две указанные составляющие тепловой мощности  $Q_o$ .

Мощность тепловых потерь  $Q_{mn}$  линейно зависит от температуры  $t_n$ , поэтому ее изменение в течение отопительного периода подчиняется закономерности изменения  $t_n$ , тогда средняя (среднеинтегральная) за указанный

период величина  $Q_{mn}$  определяется зависимостью [2]

$$Q_{mn\text{ср}} = Q_{mnp} \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нсп}}}{t_{\text{вп}} - t_{\text{нр}}} \quad (5)$$

Внутренние тепловыделения не зависят от температуры  $t_n$ , неизменны в течение отопительного периода, тогда получим

$$Q_{\text{год}} = \left( Q_{mnp} \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нсп}}}{t_{\text{вп}} - t_{\text{нр}}} - Q_{\text{втр}} \right) \tau_o abc \quad (6)$$

Формула (6) может быть записана также в виде

$$Q_{\text{год}} = \left( (Q_{op} - Q_{\text{втр}}) \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нсп}}}{t_{\text{вп}} - t_{\text{нр}}} - Q_{\text{втр}} \right) \tau_o abc \quad (7)$$

По формулам (6) или (7) можно получить достоверные расчетные расходы теплоты на отопление, которые совпадают с результатами расчетов по годовым графикам расхода теплоты. Но для их использования нужно знать не только суммарную величину  $Q_{op}$ , но и ее составляющие. Формулу (1) можно

расценивать как ошибочную, ее использование может давать существенные погрешности при определении годового расхода теплоты. Для оценки возможных погрешностей разделим величины  $Q_{\text{год}}$  по формулам (1) и (6) и назовем это отношение коэффициентом  $K_1$ .

$$K_1 = \frac{(Q_{mnp} - Q_{\text{втр}}) \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нсп}}}{t_{\text{вп}} - t_{\text{нр}}}}{Q_{mnp} \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нсп}}}{t_{\text{вп}} - t_{\text{нр}}} - Q_{\text{втр}}} \quad (8)$$

В результате несложных преобразований получим

где  $K_{\text{вт}} = \frac{Q_{\text{втр}}}{Q_{mnp}}$  ;  $K_t = \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нсп}}}{t_{\text{вп}} - t_{\text{нр}}}$  .

$$K_1 = K_t \frac{1 - K_{\text{вт}}}{K_t - K_{\text{вт}}} \quad (9)$$

Зависимость (9) позволяет в общем случае (независимо от численных значений входящих в формулы (1) и (6) тепловых мощностей) получить численные значения

расхождений в определении  $Q_{год}$  по формулам (1) и (6). Это удобно представить в виде графиков зависимости  $K_1$  от  $t_{вр}$  и  $K_{вт}$ , построенных для условий конкретной местности. На рис. 2 представлены такие графики для условий

Харькова ( $t_{нсп} = -2,1^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{нр} = -23^{\circ}\text{C}$ ), где графики 1, 2, 3, 4 относятся к значениям коэффициента  $K_{вт}$  соответственно 0,05; 0,1; 0,15 и 0,2.

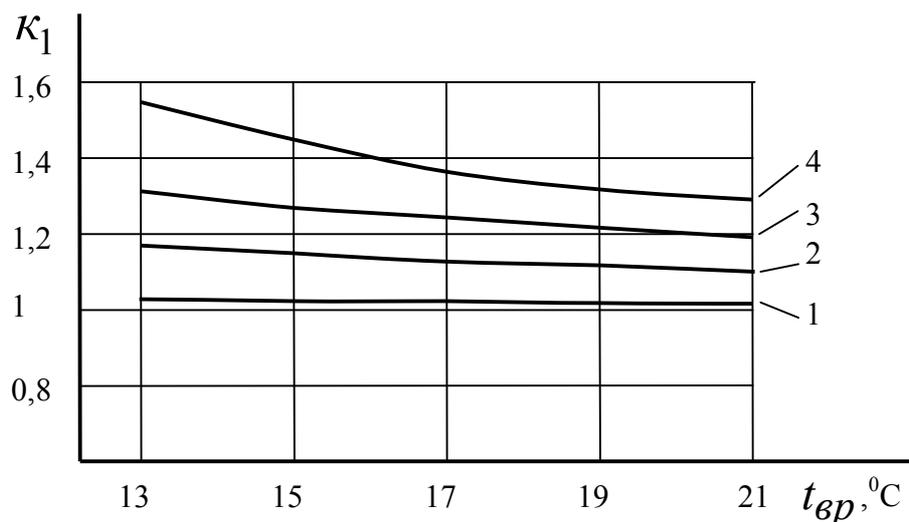


Рис. 2. График зависимости (9) для условий Харькова

Как видно из рис. 2, при возможных температурах  $t_{вр}$  в соответствии с работой [1] и реальных значениях доли  $K_{вт}$  внутренних тепловыделений величина коэффициента  $K_1$  изменяется в довольно широких пределах. Формула (1) может давать достоверные результаты только при отсутствии внутренних тепловыделений. Таких отапливаемых помещений нет, поскольку по работе [1] даже для жилых зданий учитываются тепловыделения от освещения, оборудования и людей, которые составляют порядка 15 % предельно допустимых потерь теплоты [1]. Формула (1) дает завышенные по сравнению с действительными результаты, разница увеличивается с увеличением доли

внутренних тепловыделений и может достигать 50 % и более.

**Выводы:**

- используемая в настоящее время формула (1) несовершенна по структуре и ошибочна по сути. Ее использование приводит к существенным ошибкам в определении годового расхода теплоты  $Q_{год}$  на отопление;

- одной величины расчетного расхода теплоты на отопление недостаточно для характеристики потребителей. Нужно знать отдельные ее составляющие в виде потерь теплоты и внутренних тепловыделений;

- вместо существующей формулы для определения годового расхода теплоты следует использовать предложенную в данной работе формулу.

### *Список литературы*

1. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Текст] / Минстрой России.- ГП ЦПП, 1994.- 66 с. – (Введ. в дію в Україні зі змінами №1 та №2 з 1.01.2001 р. наказом Держбуду України № 290 від 20.12.2000 р.).
2. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети [Текст]: учеб. для вузов / Е.Я. Соколов. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 360 с.
3. Єнін, П.М. Теплопостачання [Текст]: навч. посібник / П.М. Єнін, Н.А. Швачко. – К.: Кондор, 2007. – 244 с.
4. СНиП II-3-79\* (1998). Строительная теплотехника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.delo1.ru/gost.php>.

**Ключевые слова:** отопление, здание, расход теплоты, годовой расход, расчет, изменение, графики, достоверность.

### *Аннотации*

Розглянуто відому залежність для розрахунку річної витрати теплоти на опалення будівель з точки зору її структури і змісту. Показано її недостовірність та вказано причини, що призводять до цього. Запропоновано нову залежність, яка дозволяє одержувати достовірні результати. Зроблено оцінку можливих похибок визначення річної витрати теплоти за відомою залежністю порівняно з запропонованою.

Рассмотрена известная зависимость для расчета годового расхода теплоты на отопление зданий с точки зрения ее структуры и содержания. Показана ее достоверность и указаны причины, приводящие к этому. Предложена новая зависимость, позволяющая получать достоверные результаты. Сделана оценка возможных погрешностей определения годового расхода теплоты по известной зависимости в сравнении с предложенной.

We consider the well-known relationship for the calculation of the annual consumption of those rafts, the heating of buildings in terms of its structure and content. It is shown that uncertainty and the reasons leading to this. The new relationship enables us to get reliable the results. The estimation of possible errors in the determination of the annual flow of heat from the known dependence in comparison with the proposed.