

КРИТЕРИИ ВЫБОРА СПОСОБА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Владимиров Я. А. – к. т. н., доцент,
Мирончук М. П. – магистрант,
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра великого,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: в данной статье рассматривается вопрос об экономическом обосновании способа регулирования отпуска теплоты. Рассмотрены эксплуатационные затраты на тепловые сети. Выведены формулы для затрат на электроэнергию и на тепловую энергию выраженные в денежном эквиваленте. Затраты на тепловую энергию будут складываться из утечек теплоносителя и потерь через изоляцию. Выведен критерий применимости количественного способа регулирования в виде разницы денежных средств при эксплуатации сети с различными способами регулирования.

Ключевые слова: качественное регулирование, количественное регулирование, отпуск тепловой энергии, способ регулирования, тепловые сети.

CRITERIA FOR HEAT SUPPLY CONTROL METHOD DETERMINATION

Abstract: this article discusses the issue of economic justification of the advantages of qualitative regulation over quantitative. The operational costs of heating networks are considered. Formulas for electricity and thermal energy costs expressed in monetary terms are derived. The costs of thermal energy will consist of coolant leaks and losses through insulation. The criterion of applicability of the quantitative method of regulation in the form of the difference of funds during the operation of the network with different modes of regulation is given.

Keywords: qualitative regulation, quantitative regulation, release of thermal energy, method of regulation, thermal systems.

Выбор способа регулирования отпуска теплоты в системе теплоснабжения является одной из актуальных задач. При выборе способа регулирования необходимо руководствоваться как техническими, так и экономическими критериями, учитывая стоимость энергетических ресурсов для теплосетевой организации [1].

От способа регулирования отпуска теплоты будут зависеть два вида затрат энергии: тепловые потери при транспортировке теплоносителя потребителю и расход электрической энергии на транспорт теплоты [2].

Затраты электрической энергии на транспорт теплоты зависят от гидравлической характеристики тепловой сети и применяемого насосного оборудования. Оценка разницы затрат на электроэнергию в отопительный

период при разных способах регулирования может быть произведена по следующей зависимости:

$$N = \left\{ \frac{8 \cdot 9,81}{\eta} \cdot \left(\frac{Q'}{c} \right)^3 \cdot [(T_1' - T_2')^{-3} - (T_1 - T_2)^{-3}] \right\} \cdot n_{отоп}, \text{ где}$$

где T_1 и T_2 , T_1' и T_2' – температуры в подающем и обратном трубопроводе при качественном и количественном регулировании соответственно при $t_{ср.отоп.}$, °C;

G – расход теплоносителя м³/с;

c – теплоемкость теплоносителя, кДж/кг·К;

Q' – суммарная нагрузка при среднеотопительной температуре равная сумме $Q'_{ОВ}$ и $Q'_{ГВС}$. Последняя составляющая является тепловой нагрузкой на горячее водоснабжение в зимний период;

S – сопротивление сети, выраженное через единицу напора м·с²/м⁶;

H – напор насоса для прокачки теплоносителя м. вод. ст.;

η – КПД насоса в рабочей точке;

$n_{отоп}$ – продолжительность отопительного периода, ч.

Аналогичная зависимость будет справедлива и для межотопительного периода. Температуры в трубопроводах будут соответствовать температурным срезам летом, а нагрузка будет равна нагрузке на горячее водоснабжение, пересчитанной для межотопительного периода.

Таким образом, разность затрат на электроэнергию при разных способах регулирования составляет:

$$\Delta N = \frac{8 \cdot 9,81}{\eta} \cdot \left\{ \left(\frac{Q'}{c} \right)^3 \cdot [(T_1' - T_2')^{-3} - (T_1 - T_2)^{-3}] \cdot n_{отоп} + \left(\frac{Q'_{ГВС}}{c} \right)^3 \cdot [(T_1^{л'} - T_2^{л'})^{-3} - (T_1^{л} - T_2^{л})^{-3}] \cdot n_{лет} \right\},$$

где $T_1^{л'}$ и $T_2^{л'}$, $T_1^{л}$ и $T_2^{л}$ – температуры в подающем и обратном трубопроводе при количественном и качественном регулировании соответственно в межотопительный период, °C;

Потери тепловой энергии складываются из потерь тепла с утечками теплоносителя и тепловыми потерями через изоляцию трубопроводов. Нормированные потери теплоносителя определяются по своду правил [3], также возможен учет фактических утечек по данным теплосетевой организации. Для оценки разницы потерь теплоты с потерями теплоносителя при разных способах регулирования будем пользоваться следующей формулой:

$$\Delta Q_{ут} = G_{ут} \cdot c \cdot \left[(T_{ср}^{л} - T_{ср}^{л'}) \cdot n_{лет} + (T_{ср}' - T_{ср}) \cdot n_{отоп} \right], \text{ где}$$

$T_{ср}^{л'}$, $T_{ср}^{л}$ – средние температуры теплоносителя при количественном и качественном регулировании в межотопительный сезон соответственно, °C;

$T_{ср}'$, $T_{ср}$ – средние температуры теплоносителя при количественном и качественном регулировании в отопительный сезон соответственно, °C.

Потери через изоляцию трубопровода можно определить через уравнение теплопередачи:

$$Q_{пот} = k \cdot F \cdot (T_{ср}^{л} - T_{гр}^{л}) \cdot n_{лет} + k \cdot F \cdot (T_{ср}' - T_{гр}') \cdot n_{отоп}, \text{ где}$$

$T_{гр}^л$ и $T_{гр}$ – средняя температура грунта, в котором заложен трубопровод в межотопительном и отопительном периоде соответственно, °С;

k – коэффициент теплопередачи, Вт/К·м²;

F – площадь поверхности трубопровода, м².

Оценка разницы потерь теплоты через изоляцию при разных способах регулирования производится по следующей зависимости:

$$\Delta Q_{пот} = k \cdot F \cdot \left[(T_{ср}^л - T_{ср}^п) \cdot n_{лет} + (T_{ср}^л - T_{ср}) \cdot n_{лет} \right]$$

Для предпроектной оценки авторы полагают возможным принять коэффициент теплопередачи постоянным ввиду значительно большего вклада коэффициента теплопроводности стенки трубы и тепловой изоляции в суммарное термическое сопротивление тепловой сети.

С учетом приведенных выше зависимостей, можно сформулировать критерий применимости количественного регулирования, заключающийся в разности денежных затрат при эксплуатации.

$$k_{прим} = \frac{8,9,81}{\eta} \cdot \left\{ \left(\frac{Q}{c} \right)^3 \cdot \left[(T_1^л - T_2^л)^{-3} - (T_1 - T_2)^{-3} \right] \cdot n_{отоп} + \left(\frac{Q_{ТВС}}{c} \right)^3 \cdot \left[(T_1^п - T_2^п)^{-3} - (T_1^п - T_2^п)^{-3} \right] \cdot n_{лет} \right\} \cdot T_{эз} + \{ G_{ут} \cdot c + k \cdot F \} \cdot \left[(T_{ср}^л - T_{ср}^п) \cdot n_{лет} + (T_{ср}^л - T_{ср}) \cdot n_{лет} \right] \cdot T_{тэ}$$

где $T_{эз}$ – тариф на электрическую энергию, руб./кВт;

$T_{тэ}$ – тариф на тепловую энергию, отпускаемую с генерирующего объекта, руб./Гкал.

При значении коэффициента меньше нуля, количественное регулирование будет эффективнее чем качественное и наоборот.

Вывод. Конечное решение о выборе способа регулирования отпуска теплоты невозможно без финансовой оценки стоимости тепловых потерь и электроэнергии для транспорта теплоты. Поскольку стоимость энергоресурсов различна для регионов, объективно оценить целесообразность применения количественного регулирования в тепловой сети можно с помощью предложенного критерия, значение которого будет индивидуально для каждой системы теплоснабжения.

Список литературы

1. Рафальская, Т. А. Выбор оптимального температурного графика системы теплоснабжения по условию минимума годовых эксплуатационных затрат. / Т. А. Рафальская, В. Я. Рудяк, Т. М. Филатова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2021 – № 4 (748). – С. 48–64.
2. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика» / Е. Я. Соколов. – 8-е изд., стер. – М. : МЭИ ; Красноармейск : Геодезия, – 471, [1] с. ил.
3. Тепловые сети : СП 124.13330.2012. – Взамен СНиП 41-02-2003 : введен 01.01.2013. – М. : ГУП ЦПП, 2013. – 90 с.