

К вопросу о целесообразности перехода от качественного к количественному регулированию отпуска тепла в системах теплоснабжения

С.В. Улазовский, Р. А. Королев, Э. С. Кичиков, В. И. Каранузов

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Обосновывается возможность и целесообразность перехода от качественного регулирования отпуска тепла на количественное в централизованных системах теплоснабжения.

Ключевые слова: теплоснабжение, способы регулирования, температура теплоносителя, расход теплоносителя, котельная, тепловая сеть, насос, частотно-регулируемый привод, гидравлические режимы, экономия тепловой энергии.

Исторически сложилось, что самым распространённым методом регулирования отпуска тепла в водяных тепловых сетях в нашей стране, является качественное регулирование. Этот способ представляет собой изменения отпуска тепла путем регулирования температуры теплоносителя при постоянном его расходе. Основным достоинством качественного регулирования является постоянный гидравлический режим и минимальное количество средств регулирования в тепловой сети, что значительно удешевляет ее [1].

К недостатком такого регулирования можно отнести: большие затраты топлива на источнике для подогрева воды; необходимость установки большого количества компенсирующих устройств от температурного расширения трубопровода вследствие изменения температуры теплоносителя, что сильно повышает металлоемкость сети и приводит к увеличению гидравлического сопротивления; переменные тепловые режимы работы оборудования на источнике; работу насоса по максимальному расходу, что приводит к большему потреблению двигателем электроэнергии на перекачку теплоносителя; при регулировании температуры теплоносителя по средней за несколько часов температуре наружного воздуха снижается качество теплоснабжения, что приводит к колебанию внутреннего воздуха;

большое транспортное запаздывание системы, что не позволяет в полной мере использовать местное и индивидуальное регулирование для обеспечения комфортных условия в помещениях зданий и экономии расхода тепла [2,3].

В настоящее время, когда имеется в большом количестве оборудование, что позволяет поддерживать постоянный гидравлический режим у потребителей при изменении расхода теплоносителя, появляется возможность использовать количественный метод регулирования. Этот метод представляет собой изменения отпуска тепла путем регулирования расхода воды в сети. Использование данного способа в тепловых сетях, позволяет: снизить температуру теплоносителя, использовать меньшее количества топлива на источнике для подогрева теплоносителя; обеспечить работу оборудования на источнике с постоянными температурными режимами; снизить количество или вовсе отказаться от установки компенсирующих устройств; обеспечить малую инерционность тепловой сети, т.к. система теплоснабжения быстрее реагирует на изменения расхода, чем изменение температуры теплоносителя, что очень важно для автоматического регулирования современных тепловых систем.

Плавное изменение расхода теплоносителя в широких диапазонах осуществляется путем установки специальных контроллеров, что позволяет реализовать частотно-регулируемый привод насоса в тепловых сетях[4].

Для существующей тепловой сети от районной котельной микрорайона №1364 г. Волгограда, были выполнены расчеты в четыре этапа: пересчет тепловых нагрузок по потребителям при различных температурах наружного воздуха, поверочный гидравлический расчет; расчет внутренних сопротивлений системы; определения гидравлического режима.

На основании данных по тепловым нагрузкам потребителей микрорайона №1364 предоставляемый ООО «Концессия теплоснабжения» г.

Волгограда, определяем тепловые нагрузки в зависимости от температуры наружного воздуха [5]:

$$Q' = Q_o \frac{t_B - t'_H}{t_B - t_H}, \text{ кВт} \quad (1)$$

где Q_o – тепловая нагрузка потребителя на систему отопления в рабочем режиме, кВт; t_B – температура внутреннего воздуха в помещении, °С; t_H, t'_H – следовательно, температура наружного воздуха расчетная и фактическая, °С.

Расходы воды в тепловой сети определяется по формуле [5]:

$$G_o = \frac{3,6 \cdot Q_o}{c(t_r - t_o)}, \text{ т/ч} \quad (2)$$

где c – теплоемкость воды, кДж/(кг · °С); t_r – температура воды в подающем трубопроводе, °С; t_o – температура воды в обратном трубопроводе, °С.

По найденным расходам воды от тепловых нагрузок производится поверочный гидравлический расчет. Скорость движения теплоносителя не должна превышать 3,5 м/с.

По известным диаметрам трубопроводов тепловой сети, определяем фактические удельные потери давления на участках и скорость потока теплоносителя [5]:

$$R_{\text{л}} = 0,0894 \cdot k_{\text{э}}^{0,25} \cdot G^2 / d^{5,25} \cdot \rho, \text{ Па/м} \quad (3)$$

$$v = 4 \cdot G / (d^2 \cdot \rho \cdot \pi), \text{ м/с} \quad (4)$$

где d – внутренний диаметр трубопровода, м.

По известной фактической удельной потери давления, определяем потери давления на трения по формуле [5]:

$$P = R_{\text{л}} \cdot l \cdot (1 + \alpha), \text{ Па} \quad (5)$$

где α – коэффициент, учитывающий долю потерь давления в местных сопротивлениях, принимается в зависимости от условного диаметра по [5].

Для сети от районной котельной выполняется расчет характеристик внутренних сопротивлений системы.

Расчет базируется на основных уравнениях гидродинамики. В тепловых сетях, как правило, имеет место квадратичная зависимость падения давления ΔP (Па) от расхода [5]:

$$\Delta P = SV^2, \text{ Па} \quad (6)$$

где S – характеристика сопротивления, представляющая собой падение давления при единице расхода теплоносителя, $\text{Па}/(\text{т}/\text{ч})^2$; V – расход теплоносителя, $\text{т}/\text{ч}$ [5].

$$S = \frac{\Delta P}{V^2}, \text{ Па}/(\text{т}/\text{ч})^2 \quad (7)$$

На последовательных участках характеристика сопротивления равна сумме сопротивлений на этих участках и определяется по формуле [5].

$$S = S_1 + S_2 + S_3, \text{ Па}/(\text{т}/\text{ч})^2 \quad (8)$$

На параллельных участках, где потери давления равны ($\Delta P = \Delta P_1 = \Delta P_2 = \Delta P_3$) определяется величина, которая представляет собой гидравлический показатель, называемый проводимостью, равен расходу воды при перепаде давления в 1 Па [5].

$$a = \frac{V}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{1}{\sqrt{S}} = \frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \frac{1}{\sqrt{S_3}}, (\text{т}/\text{ч})/\text{Па} \quad (9)$$

На основе известных сопротивлений последовательных и параллельных участков определяется характеристика сопротивления всей тепловой сети вместе с ее ответвлениями.

При расчете перераспределение потока теплоносителя в сети, было выявлено расхождение расхода воды от требуемых значений на $\pm 5\%$ при использовании количественного регулирования отпуска тепла. Установка балансировочных клапанов в узловых точках позволит компенсировать излишки или нехватку тепла потребителя.

По расчетам потерь давления в сети при максимальном, среднем и минимальном расходах при количественном регулировании построены пьезометрические графики для тепловой сети от районной котельной №1364

г. Волгограда, определен гидравлический режим потребителей и подобран сетевой насос с частотно-регулируемым приводом.

По располагаемому напору на выходе из котельной, был подобран насос KRM 100-80-315/299-SG-R01-4-УХЛ3.1/18.1, рассчитаны его внутренние характеристики, и построен график гидравлических режимов под разные частоты вращения рабочего колеса насоса рис. 1.

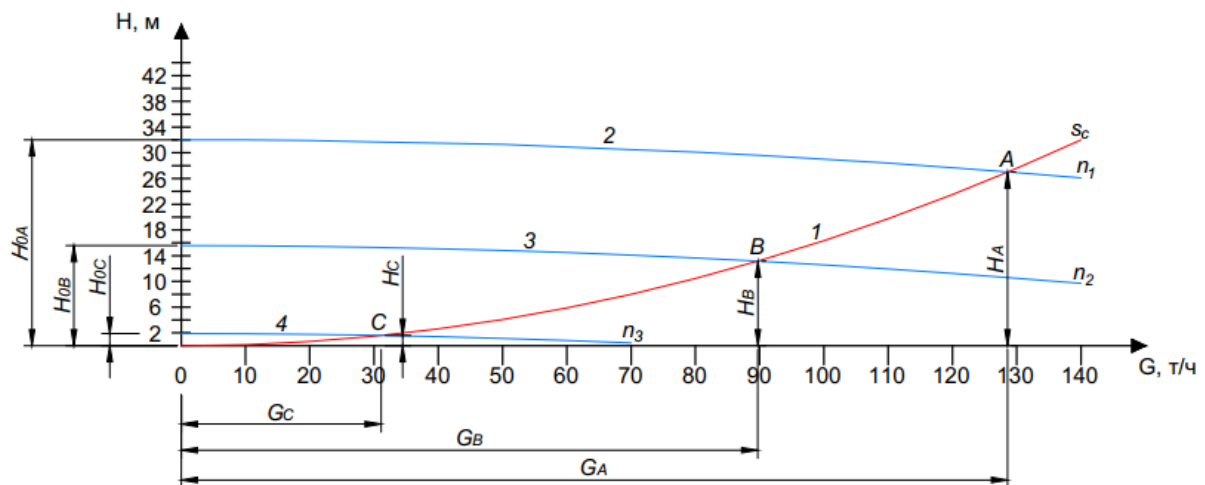


Рис.1 – Гидравлические режимы системы при разной частоте вращения.

где A – точка пересечения кривой 1 и кривой 2, показывающая гидравлический режим при частоте вращения рабочего колеса $n_1 = 1450$ об/м при температуре наружного воздуха в рабочем режиме $t'_H = -22^\circ\text{C}$; B – точка пересечения кривой 1 и кривой 3, при $n_2 = 1011$ об/м, $t'_H = -10^\circ\text{C}$; C – точка пересечения кривой 1 и кривой 4, при $n_2 = 352$ об/м, $t'_H = +8^\circ\text{C}$; H_{0A} , H_{0B} , H_{0C} – условные напоры насоса при расходе $G = 0$ зависимости от частоты вращения n_1 , n_2 , n_3 , м; H_A , H_B , H_C – потери напора в тепловой сети в точках A , B , C , м.; G_A , G_B , G_C – расход воды в тепловой сети в точках A , B , C , т/ч.

При изменении частоты вращения центробежного насоса изменяется его характеристика: объемный расход, напор и требуемая мощность насоса связаны следующей зависимостью с частотой вращения [5,6]:

$$\frac{n_1}{n_i} = \frac{G_1}{G_i} = \sqrt{\frac{H_1}{H_i}} = \sqrt[3]{\frac{N_1}{N_i}} \quad (10)$$

где G_1, H_1, N_1 – подача, напор и мощность при частоте вращения n_1 ; G_i, H_i, N_i – те же показатели при частоте вращения n_i .

Кривые характеристики тепловой сети и внутренние характеристики насоса имеют квадратичную зависимость и определяются по формулам [5]:

$$H_A = s_c G_A^2, \quad (11)$$

$$H_{0A} = H_0 - s_0 G^2. \quad (12)$$

где s_0 – условное внутреннее сопротивления насоса; s_c – гидравлическое сопротивления всей тепловой сети включая ее ответвления; H_0 – условный напор насоса при расходе $G = 0$.

Тогда как, для определения гидравлических режим в других точках с A на B , то определяется из (10) частота вращения насоса для гидравлического режима в точке B . Потом определяются кривые сети и насоса по данному гидравлическому режиму по формуле [5,6]:

$$H_{0B} = \frac{n_2^2}{n_1^2} (H_0 - s_0 G^2), \quad (13)$$

$$H_B = s_c G_B^2, \quad (14)$$

Аналогично определяется гидравлический режим в точке C по отношению частоты вращению колеса с A на C .

В итоге, можно сказать, что реализация перехода с качественного на количественный метод регулирования отпуска тепла в существующей системе теплоснабжения возможна без серьезных гидравлических вмешательств [7,8]. Так как, частотный способ регулирования является самым перспективным и широко используемых способов регулирования частоты вращения рабочего колеса [9,10]. Потому-что, позволяет не только регулировать отпуск тепла путем изменения расхода теплоносителя под постоянной температурой, а также экономить электроэнергию потребляемым

самим насосом, но при этом поддерживать требуемый гидравлический режим у потребителя. Помимо этого, за счет снижения максимальной температуры теплоносителя, реализуются все преимущества современных предизолированных трубопроводов в пенополиуретановой изоляции.

Литература

1. Горбунова Т.Г., Ванькова Ю.В., Политова Т.О. Расчет и оценка показателей надежности при проектировании тепловых сетей // Инженерный вестник Дона, 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2228.
2. Шарапов В.И., Орлов М.Е., Ротов П.В. Технологии обеспечения пиковой мощности систем теплоснабжения URL: rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3890
3. Тихомиров С.А., А.И. Василенко. Проблемы перехода на закрытые системы теплоснабжения // Инженерный вестник Дона, 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2318.
4. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения. URL: rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2574
5. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети – 7-е изд, стереот. М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
6. Щекин Р. В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга 1. Отопление и теплоснабжение. и др. – 4-е изд. Киев: Будивельник, 1976. – 416 с.
7. Масандилов Л. Б., Москаленко В. В. Регулирование частоты асинхронных двигателей. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978. – 98 с., ил. (Б-ка электромонтера; Вып. 469).
8. Культяев С.Г., Левин А.С. Регулирование отпуска теплоты в период осенне-весенних перетопов //Ресурсоэнергоэффективные технологии в

- строительном комплексе региона. 2012. №2. С. 140-144. – URL: elibrary.ru/item.asp?id=22487870
9. Andrews D. et al. Background Report on EU-27 District Heating and Cooling Potentials, Barriers, Best Practice and Measures of Promotion. Joint Research Centre of Scientific and Policy Reports, 2012. URL: researchgate.net/publication/319931174
10. Wang Hai, Wang Haiying, Zhu Tong. A new hydraulic regulation method on district heating system with distributed variable-speed pumps. Energy Conversion and Management, 2017. no. 147, pp. 174-189. URL: researchgate.net/publication/317246618

References

1. Gorbunova T.G., Van`kova Yu.V., Politova T.O. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2228.
2. SHarapov V.I., Orlov M.E., Rotov P.V. URL: rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3890
3. Tixomirov S.A., Vasilenko A.I., Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2318.
4. SHarapov V.I., Rotov P.V. Teplofikaciya i teplovy`e seti [Load regulation of heat supply systems]. URL: rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2574
5. Sokolov E.YA. Teplofikaciya i teplovy`e seti [Heat supply and heat networks] 7-e izd, stereot. M.: Izdatel'stvo MEI, 2001. 472 p.
6. SHCHekin R. V. Spravochnik po teplosnabzheniyu i ventilyacii [Handbook of heat supply and ventilation. Book 1. Heating and heat supply. and etc]. 4-e izd. Kiev: Budivel'nik, 1976. 416 p.
7. Masandilov L. B., Moskalenko V. V. Regulirovanie chastoty` asinxronny`x dvigatelej [Frequency control of asynchronous motors] 2nd ed.,



revised. and additional.] M.: Energiya, 1978. p. 98. (B-ka elektromontera; Vyp. 469)

8. Kul'tyaev S.G., Levin A.S. Resursoenergoeffektivnue tehnologii v stroitel'nom komplekse regiona. 2012. №2. pp. 140-144. URL: elibrary.ru/item.asp?id=22487870

9. Andrews D. et al. Joint Research Centre of Scientific and Policy Reports, 2012. URL: researchgate.net/publication/319931174

10. Wang Hai, Wang Haiying, Zhu Tong. Energy Conversion and Management, 2017. no. 147, pp. 174-189. URL: researchgate.net/publication/317246618